

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

## **Vliv parametrů paliv na emisní charakteristiky vozidla**

### **Influence of Fuel Parameters to Vehicle Emission**

Student:

Bc. Libor Klímek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Richtář

Ostrava 2013

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Libor Klímek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie  
Specializace: 20 Silniční doprava  
Téma: **Vliv parametrů paliv na emisní charakteristiky vozidla**  
**Influence of Fuel Parameters to Vehicle Emission**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor problému
3. Popis vozidla a návrh metodiky měření
4. Vyhodnocení experimentu
5. Zhodnocení a doporučení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R. Vozidla silniční dopravy I, Bratislava: ALFA, 1990, ISBN 80-05-00392-7  
Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II, Bratislava: ALFA, 1990, ISBN 80-7100-074-4  
Vlk, F. Motorová vozidla I, Brno: VUT Brno, 1989, ISBN 80-214-0038-2  
Kovanda, J., Resl, I., Socha, J.: Konstrukce automobilů. Praha: ČVUT Praha, 1997. 120 pp., ISBN 80-01-01624-2  
Apetaur, M., Stejskal, V.: Motorová vozidla VI. Praha: ČVUT Praha, 1991

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Richtář**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013





doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry

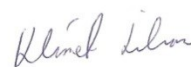


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.05.2013



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.05.2013



.....  
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Libor Klímek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Píšť 31, 747 18

## **Poděkování**

Tímto chci poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Michalovi Richtářovi a panu Ing. Jakobovi Šmirausovi za cenné rady a pomoc při sestavování diplomové práce, zástupci firmy AZPEK s.r.o. Bolatice,, za zapůjčení vozidla k měření.

Mé rodině a známým za to, že mi poskytli podporu a prostor k vypracování této práce.

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KLÍMEK, L. *Vliv parametrů paliv na emisní charakteristiky vozidla: diplomová práce.* Ostrava VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2013, 91 s. Vedoucí práce: Richtář, M.

Diplomová práce se zabývá posouzením emisních charakteristik čtyř druhů paliv (Natural 95, Ethanol E85, LPG, Natural Verva 100), u jednoho vozidla se zážehovým motorem. V úvodu jsou rozebrány a popsány jednotlivé druhy emisí. V dalších částech je popsáno měřicí zařízení pro měření emisí, měřený automobil a válcová zkušebna. Následná část práce se zabývá rozbořením paliv. Součástí řešení je návrh a popis metodiky měření. Vlastním měřením a následným statistickým zpracováním dat, bylo dokázáno, že jednotlivé druhy paliv mají různou emisní charakteristiku.

## ANOTTATION OF MASTER THESIS

KLÍMEK, L. *Influence of Fuel Parameters to Vehicle Emission“* a Master thesis. Ostrava VSB- Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Institute of Transport, 2013, 91p. Supervisor: Ruchtař, M.

This thesis deals with the assessment of emission characteristics of four types of fuel (95 octane, Ethanol E85, LPG, Natural Verva 100) for one vehicle with a petrol engine. In the introduction, analyzed and described the various types of emissions. In other parts of the described measuring device for measuring emissions, as measured by a cylindrical test car. The subsequent section deals with the analysis of fuels. The solution is to design a description of the methodology of measurement. The measurement and subsequent statistical processing of data, it was shown that different types of fuels have different emission characteristics.

## Obsah

Obsah .....	7
Použité značení: .....	11
1 Úvod .....	13
1.1 Cíl diplomové práce .....	13
2 Teoretický rozbor problému .....	14
2.1 Škodlivost emisí .....	14
2.2 Složení emisí .....	15
2.2.1 Oxid uhelnatý CO .....	15
2.2.2 Oxid uhličitý CO <sub>2</sub> .....	15
2.2.3 Uhlovodíky HC .....	15
2.2.4 Oxidy dusíku NO <sub>x</sub> .....	16
2.2.5 Voda H <sub>2</sub> O .....	16
2.2.6 Kyslík O <sub>2</sub> .....	16
2.2.7 Dusík N <sub>2</sub> .....	16
2.2.8 Saze .....	16
2.3 Úprava emisí v automobilu .....	17
2.3.1 Dokonalé spalování .....	17
2.3.2 Nedokonalé spalování .....	17
2.3.3 Lambda sonda .....	18
2.3.4 Katalyzátor .....	18
2.4 Výroba paliva z ropy .....	19
2.5 Co určujeme u paliv .....	23
2.5.1 Hustota .....	23
2.5.2 Těkavost .....	23
2.5.3 Stabilita .....	24
2.5.4 Oktanové číslo .....	25

2.5.5	Energetický obsah (výhřevnost) .....	27
2.5.6	Aditiva .....	27
2.5.7	Další aditiva .....	27
2.6	Popis paliv .....	28
2.6.1	Natural 95 .....	28
2.6.2	Benzina Verva 100 (Natural 100).....	31
2.6.3	LPG .....	31
2.6.4	Ethanol .....	33
2.7	Legislativa a nařízení EU .....	35
2.7.1	Norma EHK ( Evropské hospodářské komise).....	36
2.7.2	Norma EURO .....	36
3	Popis vozidla a návrh metodiky měření .....	37
3.1	Popis vozidla Peugeot 207 1.4 8V .....	37
3.1.1	Popis zástavby LPG ve voze.....	39
3.2	Popis jednotlivých členů válcová zkušebna MAHA LPS 200.....	42
3.2.1	Sada válců .....	43
3.2.2	Modul rozhraní .....	44
3.2.3	Ventilátor .....	45
3.2.4	Snímač otáček .....	45
3.2.5	Struktura programu .....	47
3.3	Popis měřáku emisí BEA - 250 .....	48
3.3.1	Modul měřených veličin (DTM).....	49
3.3.2	Modul analyzátoru .....	49
3.3.3	Měření hodnoty lambda .....	53
3.3.4	Měření kyslíku .....	54
3.3.5	Měření kouřivosti vznětových motorů.....	54
3.4	Výpočet zadávaných hodnot .....	56
3.4.1	Odpor vzduchu.....	56



3.4.2	Valivý odpor kol .....	57
3.4.3	Celková ztrátová síla.....	57
3.4.4	Přepočet síly na ztrátový výkon.....	58
3.4.5	Metodika měření .....	58
3.4.6	Samotné měření .....	59
3.4.7	Vyhodnocení naměřených dat .....	61
4	Vyhodnocení experimentu.....	66
4.1	Výpočet zadávaných hodnot .....	66
4.2	Průměrné otáčky motoru a zařazená rychlost .....	67
4.3	Zpracování naměřených dat .....	67
4.4	Posouzení hodnot HC (nespálené uhlovodíky) .....	68
4.5	Posouzení hodnot CO (oxid uhelnatý) .....	71
4.6	Posouzení hodnot CO <sub>2</sub> (Oxid uhličitý) .....	74
4.7	Posouzení hodnot O <sub>2</sub> (Kyslíku).....	77
5	Zhodnocení a doporučení .....	80
5.1	Zhodnocení měření emisí HC .....	80
5.2	Zhodnocení měření emisí CO (Oxid uhelnatý) .....	80
5.3	Zhodnocení měření emisí CO <sub>2</sub> (Oxid uhličitý) .....	80
5.4	Zhodnocení měření emisí O <sub>2</sub> (Kyslík) .....	81
5.5	Tabulka pro výsledků pro rychlosti 50 km/h a 90 km/h .....	81
5.6	Vyhodnocení nejistot měření .....	82
5.7	Doporučení .....	82
6	Závěr .....	83
7	Seznamy.....	84
7.1	Seznam tabulek .....	84
7.2	Seznam obrázků .....	85
7.3	Seznam příloh.....	86

8	Zdroje informací .....	87
9	Přílohy .....	88

## Použité značení:

$\rho$	Hustota vzduchu
$f$	Odpor valení pneumatik
$S_x$	Čelní plocha automobilu
$C_x$	Součinitel aerodynamického odporu automobilu
$g$	Tíhové zrychlení
$m$	Hmotnost automobilu
$N_2$	Dusík
$O_2$	Kyslík
$CO_2$	Oxid uhličitý
$CO$	Oxid uhelnatý
$H_2$	Vodík
$HC$	Nespálené uhlovodíky
EHK	Evropská hospodářská komise
LPG	Liquefied Petroleum Gas (zkapalněný ropný plyn)
MTBE	Methyl <i>tert</i> -butyl ether
ETBE	Ethyl <i>tert</i> -butyl ether
OČ	Oktanové číslo
OCVM	Oktanové číslo výzkumnou metodou
OCMM	Oktanové číslo motorovou metodou
AKI	Anti Knock Index
FCC	Fluid catalytic cracking (Fluidní katalické krakování)
BEA	Bosch emisní analyzátor
NDIR	Nedisperzní infračervená spektroskopie
$H_{CV}$	Poměr vodíku a uhlíku v palivu
$O_{CV}$	Poměr vodíku a uhlíku v palivu
$F_v$	Odpor vzduchu
$c_w$	Koeficient odporu vzduchu
$A$	Přední plocha automobilu
$v$	Rychlost jízdy automobilu
$v_0$	Rychlost protisměrného větru
$F_r$	Valivý odpor kol
$\mu_r$	Součinitel valivého odporu kol

$F_v$	Odpor vzduchu
$F_z$	Celková ztrátová síla
$P_z$	Ztrátový výkon
$u_A(\text{CO}_2)$	Standardní nejistota typu A
$u_B(\text{CO}_2)$	Standardní nejistota typu B
$u_C(\text{CO}_2)$	Kombinovaná standardní nejistota
$\sigma(\overline{\text{CO}_2})$	Rozptyl aritmetického průměru
$\overline{\text{CO}_2}$	Aritmetický průměr oxidu uhličitého
$\text{CO}_{2i}$	i-tá naměřená hodnota oxidu uhličitého
$n$	Počet měření
dolní odchylka	Dolní odchylka od aritmetického průměru
horní odchylka	Horní odchylka od aritmetického průměru
TP	Třída přesnosti
M	Největší hodnota měřicího rozsahu
DMI	Dolní mez intervalu
HMI	Horní mez intervalu
Ppm	Parts per million 1 % = 10 000 ppm

# 1 Úvod

Vytváření emisí výfukových plynů je nedílnou součástí při chodu spalovacího motoru. Tak jako člověk dýchá a v plicích přetváří kyslík na oxid uhličitý tak i motor přetváří ve svých útrokách směs vzduchu a paliva na mechanickou práci. Při spalování směsi vzduchu s palivem, vznikají jako vedlejší produkt emise.

V diplomové práci se věnuji vlivu parametrů paliv na emisní charakteristiky vozidla zážehového motoru, popisují jednotlivé druhy měřených paliv, emisní normy dle EHK a EURO. Dále jsou důkladně rozebrány výfukové plyny a popsány jednotlivé složky. V experimentální části se věnuji porovnáním jednotlivých měření u měřených paliv.

## 1.1 Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce je posoudit, zda jednotlivá paliva mají vliv na měřené emise, popřípadě jaký vliv a porovnat jednotlivá měření, popsat metodiku měření, měřená paliva, popsat měřený automobil a zástavbu na LPG. Dále rozebrat jednotlivé emise ve výfukových plynech a popsat, jak samotný automobil pracuje na tom, aby z něj vycházelo co nejméně škodlivých zplodin.

## 2 Teoretický rozbor problému

V této kapitole se věnuji vlastnímu posouzení co které emise způsobují a jednotlivému rozdělení měřených paliv

Emise mohou být tuhé, plynné nebo kapalně látky. Jsou obsažené ve výfukových plynech a vycházejí ze znečišťujícího zdroje (motor) do ovzduší

Dalším prvkem jsou imise což jsou emise, které jsou v kontaktu s životním prostředím. Imise se hromadí ve vodě, půdě nebo v živých organizmech, ve městech jsou pod pravidelnou kontrolou.

### 2.1 Škodlivost emisí

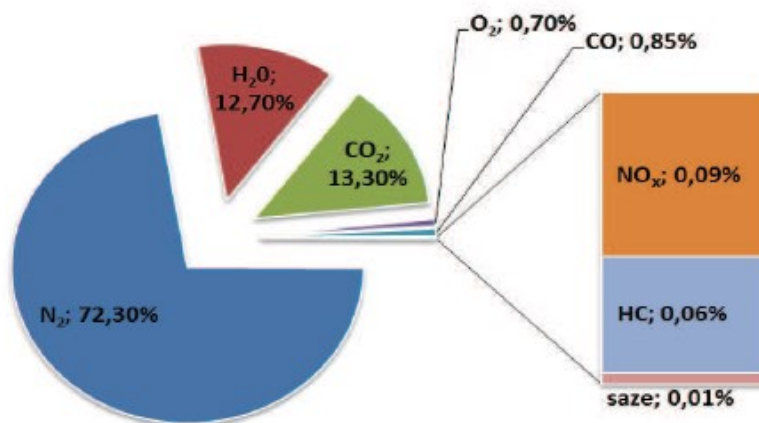
Z hlediska škodlivosti se rozdělují složky výfukových plynů na škodlivé a neškodlivé. Mezi neškodlivé se počítá  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  další. Neškodlivost je pouze relativní, přestože  $CO_2$  se uvádí jako neškodlivé, tak patří k plynům, které vytvářejí skleníkový efekt. Mezi škodlivé patří  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $HC$  a pevné částice.

Zážehový motor		
Složka	Obsah [%]	Škodlivost
$N_2$	72,3	neškodlivé
$H_2O$	12,7	
$CO_2$	12,3	
$O_2$	0,7	
Argon atd.	1	škodlivé
$CO$	0,85	
$NO_x$	0,085	
$HC$	0,05	
saze	0,006	

**Tabulka 2-1 Škodlivost emisí [10]**

## 2.2 Složení emisí

Emise se skládají z několika složek Jsou vyjmenovány a popsány v této kapitole



Obrázek 2-1 Složení emisí [15]

### 2.2.1 Oxid uhelnatý CO

Oxid uhelnatý je považován (na rozdíl od průmyslových exhalací) za nejškodlivější složku výfukových plynů. Jeho hlavním zdrojem jsou zážehové motory spalující s bohatou směsí (podstechiometrický spalovací poměr), přičemž nejvíce CO produkují zážehové motory dvoutaktní. Tato škodlivina výrazně zhoršuje městské prostředí zejména na velkých křižovatkách, kde jsou vozidla nucena stát relativně dlouhou dobu na volnoběh. Nejvyšší koncentrace bývají zjišťovány ve výšce 15 cm nad úrovní terénu a směrem vzhůru rychle ubývají (ve 2 m výšce koncentrace klesají na třetinu). [6]

### 2.2.2 Oxid uhličitý $CO_2$

Je to bezbarvý plyn, bez zápachu a chuti, není jedovatý. Emisní normy EURO jeho množství nikterak neomezují.

### 2.2.3 Uhlovodíky HC

Existenci uhlovodíků ve výfukových plynech podporují stejné vlivy, jež podporují vznik oxidu uhelnatého. Emise uhlovodíků nepříjemně zapáchají a účastní se na vzniku fotochemického smogu. Zvláštní pozornost je nutno věnovat především polyaromatickým uhlovodíkům, z nichž některé mají karcinogenní účinky. Z nich je hlavním představitelem

benzo(a)pyren, jehož vzniká u spalovacích motorů až 20 g/t paliva, přičemž v proměnlivém režimu městského provozu se jeho množství zvyšuje.

Z naoxidovaných uhlovodíků jsou nejzávažnější aldehydy (formaldehyd, acetaldehyd, akrolien (akrylaldehyd atd.), který je spalovacími motory produkován v koncentracích až 5 mg na 1 m<sup>3</sup> výfukových plynů.

#### 2.2.4 Oxidy dusíku NO<sub>x</sub>

Oxid dusíku se nacházejí ve výfukových plynech zážehových i vznětových motorů. Při jízdě na plný plyn jejich koncentrace ve výfukových plynech zážehových motorů dosahuje hodnoty 8,0 g/ m<sup>3</sup>, u vznětových motorů 1.8 g/ m<sup>3</sup>. Jejich vznik podporují vysoké teploty spalování zvláště při tzv. „klepání motorů“. Ve vyšších koncentracích reagují oxidy dusíku se vzdušnou vlhkostí na kyselinu dusičitou a dusitou, katalyzují oxidaci siřičitého na škodlivější oxid sírový a významně se podílí na tvorbě fotochemického smogu a souvisejících tzv. druhotnou škodlivin (ozon, peracylnitráty a singletový kyslík). [6]

#### 2.2.5 Voda H<sub>2</sub>O

Voda, označována vzorcem H<sub>2</sub>O, je chemická sloučenina vodíku a kyslíku. Spolu se vzduchem, respektive zemskou atmosférou, tvoří základní podmínky pro existenci života na planetě Zemi. Za normální tlaku a teploty je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá. V přírodě se vyskytuje ve třech skupenstvích: v kapalném – voda, v plynném – vodní pára a v pevném – led a sníh.

#### 2.2.6 Kyslík O<sub>2</sub>

Kyslík, je plynný chemický prvek, chemická značka O. Tvoří druhou hlavní složku zemské atmosféry (21%). Je biogenním prvkem a jeho přítomnost je nezbytná pro existenci většiny živých organismů na této planetě. Bez kyslíku by nemohlo docházet k hoření.

#### 2.2.7 Dusík N<sub>2</sub>

Dusík je plynný chemický prvek, chemická značka N tvoří hlavní složku zemské atmosféry (78%). Patří mezi biogenní prvky, které jsou základními stavebními kameny živé hmoty.

#### 2.2.8 Saze

Saze jsou formou čistého uhlíku a samy o sobě nejsou toxické. Mají však



výborné absorpční vlastnosti a jsou nositelem dalších znečišťujících faktorů (oxid siřičitý je toxický ve větších koncentracích, olovo a jeho sloučeniny jsou zootoxické i fytotoxické) kromě svého působení na zhoršení dýchacelnosti. [6]

## 2.3 Úprava emisí v automobilu

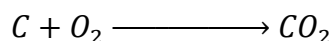
Pomineme-li možnost snižování emisí z výfukových plynů cestou omezování celkového objemu dopravy, pak jako reálná cesta k dosažení uvedeného cíle se jeví pouze možnost snižování emisí z dopravy technickými prostředky a opatřeními. Tyto jsou zaměřeny především na následující oblasti:

- Úpravy konstrukce motorů
- Dostatečná detoxikace výfukových planů
- Úprava paliva

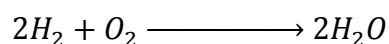
### 2.3.1 Dokonalé spalování

Automobilové paliva, ať už jde o benzín, či naftu, mají obecný chemický vzorec  $C_nH_m$  jde o uhlovodík. Při spalování vznikají chemické reakce, které popisují následující rovnice. [16]

Rovnice vyjadřuje, že uhlík se slučuje s kyslíkem na oxid uhličitý

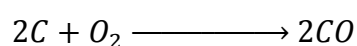


V další části reakce vyjadřuje jak se vodík slučuje na vodu (vodní páru)



### 2.3.2 Nedokonalé spalování

Uhlík se v reakci slučuje s kyslíkem na oxid uhelnatý. Nedokonalé spalování je příčinou nedostatku kyslíku.



### 2.3.3 Lambda sonda

Snímače kyslíku (lambda sondy) měří zbytkový obsah kyslíku ve výfukových plynech. Z tohoto obsahu je možno stanovit poměr paliva a vzduchu ( $\lambda$ ). Proto se signálů lambda sond využívá při regulaci složení směsi, nejčastěji dávkováním množství přídavného paliva, ale také změnou množství recirkulovaných výfukových plynů (spalin).

Způsob regulace je závislý na druhu motoru. U zážehových motorů pak na tom, kde probíhá tvorba směsi- zda mimo spalovací prostor v sacím traktu nebo ve válci přímým vstřikováním benzínu nebo jeho emulze se vzduchem.

Při tvorbě směsi mimo spalovací prostor se výkon motoru řídí množstvím přiváděné směsi, jejíž složení je velmi blízké stechiometrickému poměru ( $\lambda = 1,0$ ). Tento poměr je potřebný pro činnost tříložkových katalyzátorů. Navíc je taková směs snadno zažehnutelná a bývá dokonale spalována.

Tvoří-li se směs až ve spalovacím prostoru, její složení se obvykle mění, protože výkon motoru je řízen množstvím paliva, dodávaného do nasátého vzduchu. Podle provozních podmínek motoru a jeho konstrukčního řešení může být směs chudá, stechiometrická nebo i krátkodobě obohacena.

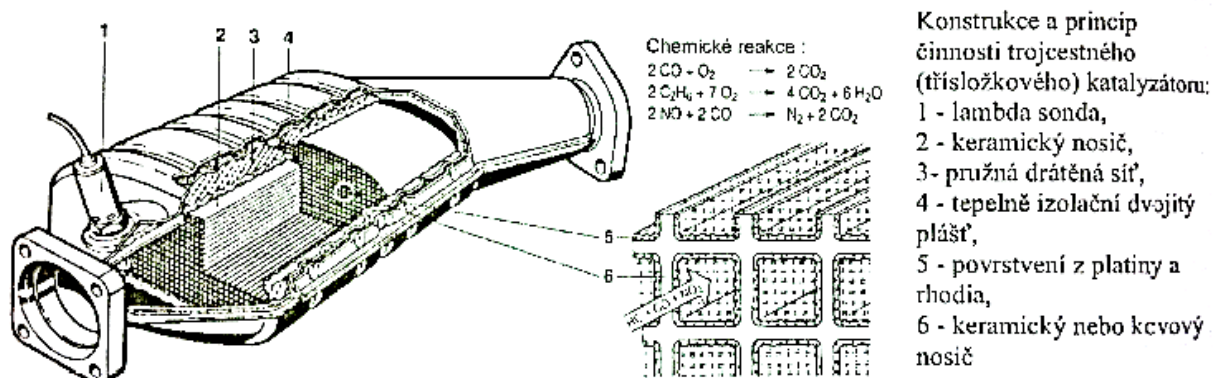
Aby nedocházelo k nadměrnému ochuzení směsi, bývá používáno i recirkulace spalín. Těmi se objem nasávaného vzduchu doplňuje tak, aby mělo složení směsi potřebný poměr a nedocházelo k vynechávání zážehů. Kromě dávkování paliva se může regulovat i množství recirkulovaných spalín. Tohoto způsobu se používá i u vznětových motorů. [7]

### 2.3.4 Katalyzátor

Katalyzátory jsou zařízení pro snižování obsahu emisí ve výfukových plynech. Oxidační katalyzátor pracuje s přebytkem vzduchu a přeměňuje pomocí oxidace oxid uhelnatý a uhlovodíky na vodní páru a oxid uhličitý. Ke snížení oxidů dusíku oxidačními katalyzátory prakticky nedochází. U motorů se vstřikováním se získá kyslík potřebný k oxidaci většinou prostřednictvím chudé směsi a přebytkem vzduchu.

Třícestný katalyzátor výrazně snižuje všechny tři škodlivé složky ( $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$ ,  $\text{NO}_x$ ) zároveň, třícestný katalyzátor ve spojení s regulací lambda je zatím nejúčinnější systémem redukce škodlivých emisí výfukových plynů. Základním materiálem katalyzátoru je keramika

potažená ušlechtilými kovy, přednostně platinou a rhodiem. Když výfukové plyny proudí přes keramiku, urychluje platina a rhodium chemickou likvidaci škodlivých látek. Použití katalyzátorů vyžaduje použití bezolovnatého benzínu, protože olovo ničí katalytický účinek ušlechtilých kovů. Katalyzátor se skládá z nerezového plechového obalu a tělesa obsahujícího aktivní katalytickou vrstvu.

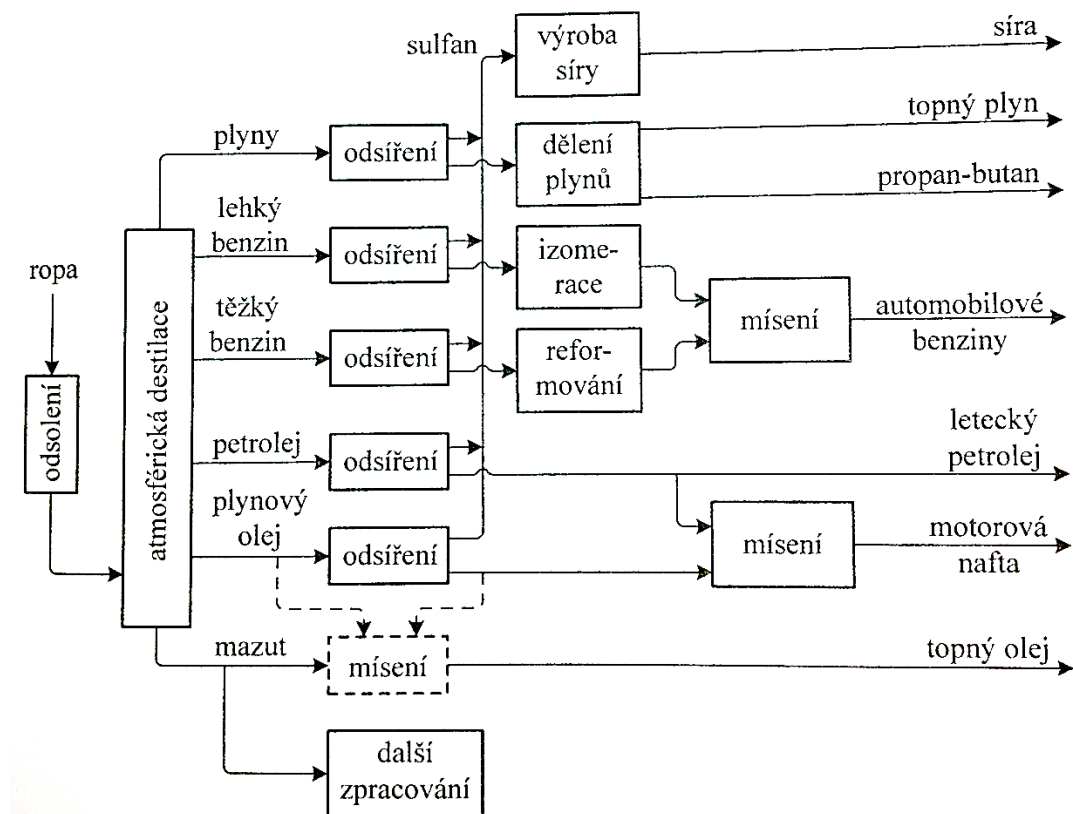


**Obrázek 2-2 Třícestný katalyzátor**

Při provozu s chudou směsí nedokáže třícestný katalyzátor zcela převádět oxidy dusíku  $\text{NO}_x$  vznikající při spalování. Proto se používají tzv. Zásobníkový katalyzátor  $\text{NO}_x$ , který má kromě vrstev z platiny, paladia a rhodia ještě speciální přísady, které mohou ukládat oxidy dusíku. Typické zásobníkové materiály obsahují oxidy draslíku, vápníku, stroncia, zirkonu, lanthanu a barya. Působením aktivní vrstvy z ušlechtilých kovů pracuje zásobníkový katalyzátor  $\text{NO}_x$  za provozu s  $\lambda = 1$  jako třícestný katalyzátor. Kromě toho redukuje oxidy dusíku, které nejsou redukovány ve spalínách s přebytkem vzduchu. Tato konverze však neprobíhá kontinuálně jako u oxidu uhelnatého a uhlovodíku, ale ve třech stupních: ukládání  $\text{NO}_x$ , uvolnění  $\text{NO}_x$  a konverze. [7]

## 2.4 Výroba paliva z ropy

Ropu lze zpracovávat různými postupy podle jejího složení a podle kvality a kvantity požadovaných produktů. Ropa se většinou nejprve odsoluje a pak se atmosférickou a vakuovou destilací rozdestiluje na několik frakcí, které se zpracovávají samostatně. Ropa se zpracovává v rafinériích, na které mohou navazovat petrochemické závody. Zjednodušené schéma obvyklého zpracování frakcí z atmosférické destilace ropy bez dalšího zpracování mazutu je uvedeno na obr 2-3 opa se po odsolení rozdestiluje atmosférickou destilací v jedné nebo více kolonách na plyny, lehký benzín, těžký benzín, petrolej, plynový olej a jako destilační zbytek zůstane mazut.



**Obrázek 2-3 Výroba ropy z paliva [5]**

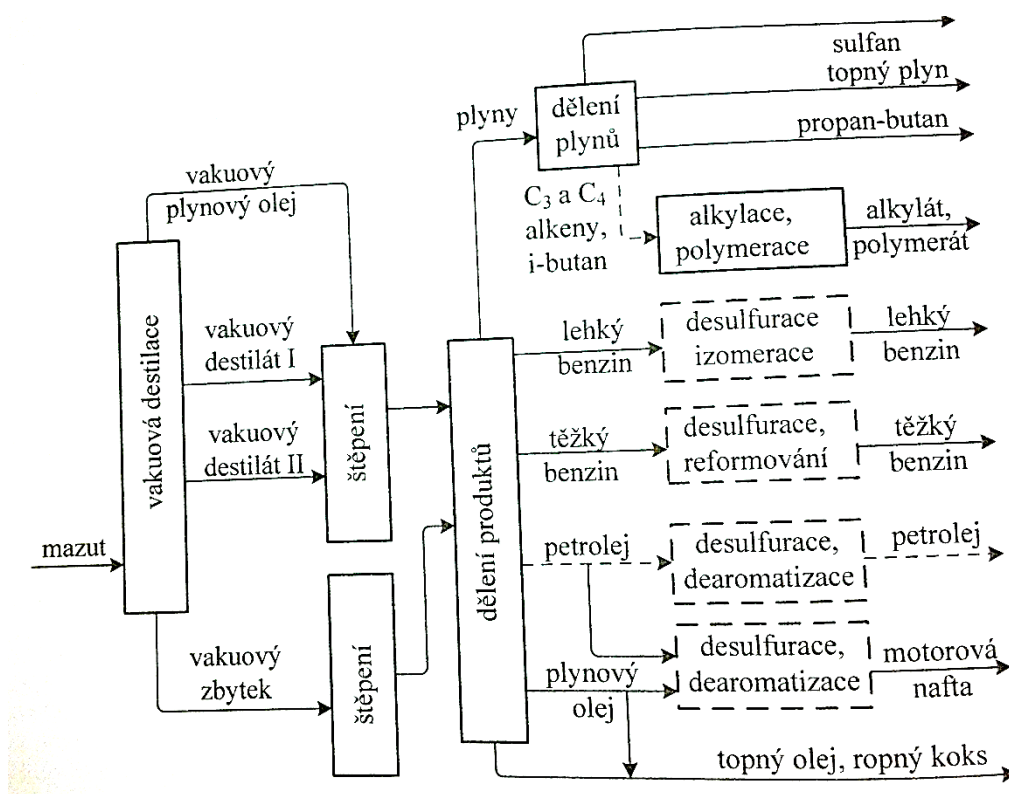
Plyny se obvykle odsířují a rozdělují se na topný plyn obsahující hlavně metan a etan a na propan a butan. Lehký benzin se většinou odsířuje, izometrací se zvýší jeho oktanové číslo a poté se vede na mísení do autobenzínu. Těžký benzin se po odsíření a reformování, které také slouží ke zvýšení jeho oktanového čísla, vede na mísení do autobenzínu.

Petrolej se obvykle odsířuje a používá se jako pohonná hmota pro letecké motory nebo jako složka motorové nafty. Plynový olej se odsířuje a poté se používá jako hlavní složka motorové nafty.

Mazut se většinou dále zpracovává vakuovou destilací. Někdy se používá přímo nebo po úpravě vlastností (zejména viskozita a bod tuhnutí) přidavkem lehčí frakce jako těžký topný olej.

Odsíření výše uvedených frakcí se obvykle provádí pomocí hydrogenační rafinace, vznikající sulfan se v Clausových jednotkách zpracováván na síru. V minulosti existovalo mnoho rafinérií, které zpracovávaly ropu podle tohoto schématu (obvykle bez izomerace). V současnosti se zpracování ropy bez navazujícího zhodnocení vakuových destilátů a případně i vakuových zbytků zastaralé, protože poskytuje velké množství topných olejů, po

nichž je malá poptávka. Tyto rafinérie byly obvykle přebudovány na palivářské rafinérie se štěpnými procesy. Moderní palivářská rafinérie má ve svém jeden nebo více štěpných procesů, kterými se vysokovroucí ropné frakce a zbytky proměňují na pohonné hmoty. Atmosférická destilace ropy je obdobná jak je uvedeno na obr. , ale zbytek atmosférické destilace (mazut) vede na vakuovou destilaci, kde se získají jeden nebo více vakuových destilátů a vakuový zbytek (asfalt). Zjednodušené schéma jedné z variant zpracování mazutu v palivářské rafinérii se štěpnými procesy je uvedeno na obrázku č.2-4 [5].



**Obrázek 2-4 Výroba ropy z paliva [5]**

Vakuové destiláty se nejčastěji štěpí pomocí fluidního katalytického krakování, méně často se využívá hydrokrakování. Vakuové zbytky se štěpí nejčastěji termicky pomocí visbreakingu nebo koksování, méně často pomocí hydrokrakování nebo katalytického krakování. Některé rafinérie mají pouze štěpení vakuových destilátů a nemají štěpení vakuových zbytků, pak musí mít vakuové zbytky jiné použití. Vakuové zbytky je možno po smísení s lehčími frakcemi používat jako těžké topné oleje, parciální oxidací se z nich může vyrábět vodík potřebný pro hydrorafinační a hydrokrakovací provozy nebo lze použít na výrobu silničních a jiných asfaltů. Hlavními produkty štěpných procesů jsou obvykle frakce

využitelné při výrobě motorových paliv, tj. benzin, petrolej a plynný olej. V závislosti na použitém procesu štěpení se vlastností získaných frakcí dále upravují.

Při štěpných procesech výroby paliv vznikají vedle kapalných produktů také plynné nasycené a nenasycené uhlovodíky. Frakce  $C_3 - C_4$  uhlovodíků je cenná jak z hlediska palivářského, tak i petrochemického. Značná část této frakce se používá k topení (propan-butan), tak k pohonu automobilů (LPG). Frakce  $C_3 - C_4$  uhlovodíků obsahuje velké množství alkenů a izobutenu, které lze využít jako surovinu pro katalytickou alkylaci nebo polymeraci, kterými se z nich vyrábějí kvalitní vysokooktanové složky automobilových benzinů. Alkeny ze štěpných procesů lze také izolovat a rozšířit tak zdroj základních alkenů pro polymerace v petrochemii. Izobuten obsažený ve frakci  $C_3 - C_4$  uhlovodíků ze štěpných procesů se spolu s metanolem používá na výrobu metyl-terc-butyléteru (MTBE), resp. Etyl-terc-butyléteru (ETBE), které se jako vysokooktanové složky přidávají do automobilových benzinů.

Plynné produkty označované často jako suché plyny obsahují hlavně vodík  $C_1$  a  $C_2$  uhlovodíky a malé množství sulfanu. Po vyprání sulfanu se tyto plyny používají většinou jako topný plyn v rafinérii. Při štěpení a při následných desulfuracích získaných frakcí vzniká značné množství sulfanu, který se v Clausových jednotkách zpracovává na síru.

Zpracování ropy se v rafinériích vybavených štěpnými procesy, na které případně navazuje využití  $C_3 - C_4$  uhlovodíků při výrobě benzinových složek, se někdy označuje pojmem hluboké zpracování ropy.

Při olejářském zpracování ropných frakcí se vyrábějí základové oleje, ze kterých se mísí různé motorové, průmyslové a jiné oleje. Základní surovinou pro výrobu asfaltu je zbytek z vakuové destilace mazutu.

Petrochemické závody mohou navazovat na jakýkoliv typ rafinérie. Z rafinérie odebírají některé frakce, ze kterých vyrábějí řadu velkotonážních organických i anorganických chemikálií. Rafinérské a petrochemické závody jsou velmi těsně spjaty, na mnoha místech jsou budovány těsně vedle sebe, aby se omezily náklady na přepravu surovin a produktů. Při plánování výstavby nových rafinérských jednotek se v mnoha případech přihlíží i k možnostem zpracování jednotlivých produktů petrochemickými výrobami. Naopak některé vedlejší produkty z petrochemických výrob lze zužít jako složku paliv. [9]

Mezi základní petrochemické produkty patří:

- Alkeny (etylen, propylen, buteny, aj.) a dieny (1,3 butadien, aj.)
- Aromatické sloučeniny (benzen, toluen, xyleny, aj.)
- Syntézní plyn, vodík

## 2.5 Co určujeme u paliv

### 2.5.1 Hustota

Hustota benzínu se pohybuje v rozmezí od 0,71 do 0,77 g/cm<sup>3</sup>, a znamená to že, vyšší hustota značí větší podíl arenů. Benzín plave na vodě, proto nelze vodu použít k hašení benzínu, není-li voda rozprašována ve formě jemné mlhy.

### 2.5.2 Těkavost

Benzín je těkavější než letecká paliva nebo nafta a to nejen kvůli hlavním složkám, ale i kvůli přidávaným aditivům. Ovládání těkavosti se často provádí přidáváním složky butanu. Pro zjištění těkavosti se používá měření Reidova tlaku par. Požadovaná těkavost závisí na okolní teplotě. V horkém podnebí se používají složky s vyšší molární hmotností a tedy s nižší těkavostí. V chladném prostředí vede příliš nízká těkavost k problémům se startováním motorů. Naopak v horku působí nadměrná těkavost problémy tím, že se palivo vypařuje již v potrubí a může zabránit podávacímu čerpadlu v jeho účinném čerpání. Toto nastává hlavně u čerpadel, která jsou poháněna přímo od motoru a nemají návratové potrubí. U motorů s vstřikováním paliva je potřeba, aby mělo palivo dostatečný tlak. Protože při startování jsou otáčky velmi malé, používají se u těchto vozidel elektrická čerpadla umístěná na palivové nádrži a palivo může současně chladit čerpadlo. Regulace tlaku se dosahuje návratem nevyužitého paliva zpět do nádrže. U takových vozidel proto problém s předčasným vypařováním paliva prakticky nikdy nenastává.

Kromě snižování těkavosti paliva pro omezování emisí nespálených uhlovodíků existují a používají se i jiné způsoby. Všechna vozidla prodávaná v Evropě a USA musí mít palivový systém uzpůsoben tak, že v době, kdy motor neběží, zachycuje rozpínající se páry paliva z nádrže v zásobníku s dřevěným uhlím. Poté za běhu motoru (obvykle až po dosažení normální pracovní teploty) uvolňuje zachycené páry (přes "čisticí ventil") do sacího potrubí, aby byly spáleny v motoru. Systém musí mít také utěsněný uzávěr nádrže bránící vypařování plynícím hrdlem. Moderní vozidla s diagnostickým systémem OBD-II indikují jako poruchový

stav, pokud uzávěr chybí nebo nedostatečně těsní (obecným účelem tohoto indikátoru je vyjádření, že kterákoli část systému pro omezení emisí nepracuje správně). [18]

### 2.5.3 Stabilita

Benzin, by si měl udržet stejnou kvalitu po celou dobu skladování, pokud se správně skladuje. Takové skladování má být ve vzduchotěsné nádobě, aby se zamezilo oxidaci a pronikání vodní páry. Skladovat se má při stabilní nízké teplotě, aby nemohlo dojít k úniku vlivem tepelné roztažnosti. Pokud se benzin neskladuje správně, postupem času může gumovatět a tvořit sraženiny. Může k tomu při dlouhém odstavení vozidla docházet v nádrži, potrubí nebo v karburátoru či součástech vstřikovacího systému; pak je problém nastartovat motor. Ovšem při návratu k běžnému provozu vozidla by se měly vzniklé nánosy nakonec vyčistit proudem čerstvého benzínu. K prodlužování životnosti paliva, které není nebo nemůže být správně skladováno, lze používat stabilizátory. Běžně se pro lepší startování používají u malých motorů, například v travních sekačkách a traktorech. Doporučuje se ponechávat nádrže a kanystry naplněné více než z poloviny, dobře uzavřené proti kontaktu se vzduchem, chráněné před vysokými teplotami, před odstavením nechat běžet motor deset minut (aby se stabilizátor dostal do všech součástí palivového systému) a v pravidelných intervalech motor nastartovat (aby se odstranilo odstáté palivo z karburátoru). Gumovité, lepkavé pryskyřičnaté usazeniny vznikají oxidativní degradací benzínu. Této degeneraci lze zabránit používáním antioxidantů, například fenyldiaminů, alkylendiaminů (diethylenetriaminu, triethylenetetraminu atd.) a alkylaminů (diethylaminu, tributylaminu, ethylaminu).

Mezi další užitečná aditiva patří inhibitory gumovatění, například *N*-substituované alkylaminofenoly, a stabilizátory barev, například *N*-(2-aminethyl) piperazin, *N,N*-diethylhydroxylamin a triethylenetetramin.

Zlepšení rafinačních technik obecně snížilo závislost na katalyticky nebo tepelně krakovaných látkách nejnáchylnějších na oxidaci. Benzin obsahující kyselé kontaminanty, například kyselinu naftenovou, lze ošetřit aditivami včetně silně zásaditých organických aminů, například *N*-diethylhydroxylaminu; chrání se tak kovy proti korozi a antioxidační aditiva před rozkladem působením kyselin. Uhlovodíky sbromovým číslem 10 a více lze chránit kombinací neblokovaných nebo částečně blokovaných fenolů a silných aminových zásad. Rozpustných v olejích (např. monethanolamin, *n*-2-aminethyl) piperazin, cyklohexamin, 1,3 cyklohexamin bis(methylamin) 2,5 dimethylanilin, 2,5dimethylanilin, diethylenetriamin nebo triethylenetetramin. [19]



## 2.5.4 Oktanové číslo

Mírou náchylnosti paliva ke klepání při spalování je jeho oktanové číslo (OČ). Oktanové číslo je umělá stupnice, jejíž hodnoty 0 a 100 byly definovány pomocí dvou uhlovodíků, které mají podobný bod varu, ale výrazně odlišné chování při spalování.

Izooktan (2,2,4-trimethylpentan) OČ= 100 (bod varu 99.2 C°) reprezentuje uhlovodíky málo náchylné ke klepání. Používané označení izooktan je v případě 2,2,4-trimethylpentanu nepřesné, protože izooktanů obecně existuje několik a jako izooktan se často označuje také 2-methylheptan.

n-Heptan OČ=0 (bod varu 99.7C°) zastupuje uhlovodíky, které velice snadno vyvolávají klepání motoru, což jsou především n-alkany. Další body této stupnice se tvoří objemovým mísením obou uhlovodíků.

Při stanovení oktanového čísla se testovaný benzin spaluje ve směsi se vzduchem v předepsaném zkušebním motoru za předepsaných podmínek (nastavení předstihu, tlak, teplota a viskozita motorového oleje, teplota a vlhkost nasávaného vzduchu, složení směsi paliva a vzduchu, atd.). Postupně se mění stupeň komprese a pomocí čidla, které měří tlakové rázy se zjišťuje okamžik, kdy motor začne klepat. Pak se hledá směs izooktanu s n-heptanem, která klepe za stejných podmínek jako testovaný benzin. Např. benzin, který při spalování klepe jako 90% obj. izooktanu a 10 % obj. n-heptanu, má oktanové číslo 90.

Oktanové číslo 100 a nižší tedy znamená procentuální obsah (% obj.) izooktanu ve směsi s n-heptanem, která má stejnou intenzitu detonačního klepání jako zkoušené palivo za podmínek předepsaných příslušnou normou. Nejedná se tedy o stanovení obsahu izooktanu, benzin má oktanové číslo, i když žádný izooktan neobsahuje.

Oktanové číslo větší než 100 číselně odpovídá normovanému množství tetraethylolova (TEO), které je nutno přidat k izooktanu, aby měl stejnou intenzitu detonačního klepání, jako zkoušené palivo za podmínek předepsaných příslušnou normou. Vztah mezi OČ nad 100 a přídávky TEO k izooktanu byl získán na základě extrapolace závislosti kritického kompresního poměru (poměr kdy začne motor klepat) na OČ spalované směsi.

Oktanové číslo se u automobilových benzinů stanovuje jednak **výzkumnou metodou (OČVM)**, jednak **motorovou metodou (OČMM)**. Při stanovení OČ se benzin spaluje ve zkušebním motoru při 600 ot./min. a konstantním předstihu 13° , při stanovení OČMM se benzin spaluje při 900ot./min. a předstih se mění v závislosti na stupnici komprese. OČVM bývá větší než OČMM, údaje u čerpacích stanic uvádějí OČVM. V USA se benziny označují

indexem odolnosti proti klepání AKI (Anti Knock Index), který se vypočte jako průměr OČVM a OČMM.

Oktanové číslo	102	104	106	108	110
Obsah TEO [cm <sup>3</sup> /kg]	0,0599	0,1344	0,2254	0,3416	0,4876

**Tabulka 2-2 Závislost mezi obsahem TEO v izooktanu a oktanovým číslem nad 100**

Na oktanové číslo má vliv hlavně struktura v něm obsažených uhlovodíků

- OČ alkanů a izoalkanů klesá s rostoucí molekulovou hmotností těchto uhlovodíků
- OČ izoalkanů je větší než OČ n-alkanů a zvětšuje se s jejich rozvětvením
- OČ alkenů je větší než OČ obdobných alkenů
- Aromáty mají největší OČ mezi uhlovodíky
- Cykloalkany mají větší OČ než odpovídající n-alkany a menší než aromáty

Uhlovodík	OČMM	OČVM	Uhlovodík	OČMM	OČVM
n-Butan	90	95	2,2,4-Trimetylpenta	100	100
2-Metylpropan	99	101	2,2,3-Trimetylpentan	100	109
n-Pentan	62	62	Cyklopentan	85	101
2-Metylbutan	90	92	Metylcyklopentan	80	91
n-Hexan	26	25	Cyklohexan	77	83
2-Metylhexan	73	73	Metylcyklohexan	71	75
n-Heptan	0	0	1-Heptan	51	55
2-Metylhexan	46	42	2-Heptan	69	73
3-Metylhexan	55	52	3-Heptan	79	90
2,2-Dimetylpentan	96	93	2-Metyl-3-hexen	81	96
2,3-Dimetylpentan	89	91	Benzen	115	> 120
2,4-Dimetylpentat	84	83	Metylbenzen( tolulen)	104	120
2,2,3-Trimetylbutan	101	112	1,4Dimetylbenzen	110	116
n-Oktan	<0	<0	1,3,5-Trimetylbenzen	120	> 120

**Tabulka 2-3 Oktanové číslo vybraných uhlovodíků**

Zvětšování oktanového čísla benzinů lze provádět:

- Změnou struktury uhlovodíků pomocí reformování a izomerace, kterými se nízkooktanové uhlovodíky mění na vysokooktanové.
- Přídavkem vysokooktanových kyslíkatých složek, používají se zejména metyl-terc-butyléter (MTBE) a etyl-terc-butyléter (ETBE)
- Přídavkem vysokooktanových uhlovodíkových složek, používají se zejména alkyláty a polymeráty [19]

### 2.5.5 Energetický obsah (výhřevnost)

Benzin obsahuje cca 32 MJ/l, resp. 46,4 MJ/kg energie, tedy jinak vyjádřeno 8,89 kWh/l, resp. 12,9 kWh/kg. Jedná se o průměrnou hodnotu; protože se různé těžené směsi mohou lišit, konkrétní energetický obsah se podle druhu ropy liší až o 4 % oproti průměru. Z jednoho barelu surové ropy (cca 160 l) se získá asi 74 litrů benzínu, tedy zhruba 46 % objemových procent. Zbývající část ropy jsou další produkty, například asfalt nebo nafta.

### 2.5.6 Aditiva

Aditiva jsou chemické látky, které se přidávají do paliva s cílem vylepšit jejich funkční a provozní vlastnosti.

Benzin prodáváný u čerpacích stanic obsahuje i další aditiva. Jejich cílem je omezit usazování karbonu v motoru, zlepšit spalování a usnadnit startování v chladném počasí.

#### 2.5.6.1 Barviva

V České republice je barvení „minerálních olejů“ (mezi které se řadí široká škála kapalných a plyných uhlovodíků a jejich směsí) nařízeno zákonem č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních konkrétní podmínky potom definuje vyhláška č. 61/2007 Sb. Paliva se barví červeně, a to konkrétně barvivem Solvent Red 19 (též *Solventní červen 19* nebo *Súdánská červen 7B*). Současně se provádí značkování barvivem Solvent Yellow 124 (*Solventní žlut 124*). Barví a značkují se střední a těžké plynové oleje KN 2710 19 25, 2710 19 29, 2710 19 41, 2710 19 45 a 2710 19 49, které jsou daňově zvýhodněny (osvobození od spotřební daně nebo vrácení daně).

#### 2.5.6.2 Okysličovadla

Do benzínu lze přidávat okysličovadla, látky s obsahem kyslíku, například MTBE, ETBE nebo Ethanol, a tak snižovat množství oxidu uhelnatého a nespáleného paliva ve výfukových plynech

### 2.5.7 Další aditiva

- **Antioxidanty** zabraňují tvorbě pryskyřičnatých látek, které vznikají zejména při skladování benzinů obsahujících alkeny. Jako antioxidanty se používají alkylnofenoly, alkyaminofenoly a alkyldiaminobenzeny v množství 10 – 20 mg/ kg.
- **Detergenty** udržují v čistotě palivové cesty a spalovací prostor motorů. Používají se polymerní aminy a speciální oleje v množství 100-500 mg/kg.

- **Deaktivátory kovů** blokující působení kovových iontů, které se do benzinu mohou dostat koroze z konstrukčních materiálů používaných při jejich výrobě a skladování a koroze z konstrukčních materiálu motorů. Tyto ionty katalyzují oxidaci a polymeraci benzinů. Jako deaktivátory kovů se používají komplexotvorné sloučeniny např. etylendiaminotetraoctová kyselina v množství 2- 10 mg/ kg.
- **Antikoroziční přísady** . [18]

## 2.6 Popis paliv

### 2.6.1 Natural 95

Automobilové benziny se používají pro pohon automobilů vybavených zážehovým motorem. Pro spalování v zážehovém motoru, který měl nízký kompresní poměr, se nejdříve používaly frakce získané přímo při destilaci ropy, tzv. primární benzin. Další vývoj spalovacího motoru směřoval ke zmenšování hmotnosti a zvětšování jeho výkonu, což se dosahovalo hlavně zvětšováním kompresního poměru. Motory s větším kompresním poměrem však pro svůj bezproblémový chod vyžadují benzin s větším oktanovým číslem, než mají primární benziny.

#### 2.6.1.1 Vlastnosti automobilový benzinů

Asi 95% hm. Benzinů vyrobených v rafinériích patří mezi automobilové benziny. V České republice se v současnosti prodávají automobilové benziny SUPER BA -95, SUPER PLUS BA- 98 a Vysokooktanové benzíny. .

Pro automobilové benziny se také povoluje používat název NATURAL. V České republice musí prodávané automobilové benziny splňovat požadavky ČSN EN 228, což je národní verze evropské normy EN 228. V Evropské unii se prodávají v závislosti na klimatických podmínkách také další třídy benzinů s odlišnými požadavky na těkavost.

Vlastnosti	Jednotka	Hodnota	
		min.	max.
Hustota při 15 °C	[kg/m <sup>3</sup> ]	720	775
Obsah olova	[mg/l]	-	5
Obsah benzenu	[% obj. ]	-	1
Obsah aromátu	[% obj. ]	-	35
Obsah olefínu	[% obj. ]	-	18
Obsah síry	[mg/kg]	-	50
Obsah kyslíku	[% hm.]	-	27
Oxidační stabilita	[minuty]	360	-
Obsah promytých pryskyřic	[mg/ 100 ml.]	-	5

**Tabulka 2-4 Vybrané všeobecné požadavky na automobilové benzíny podle ČSN EN 228**

Všechny automobilové benziny mohou obsahovat v přiměřeném množství přísady, které zabraňují zhoršení jízdních vlastností a pomáhají dlouhodobě udržet nízké hodnoty emisí. Tyto přísady nesmí mít známé škodlivé vedlejší účinky.

#### **2.6.1.2 Složení benzinů**

Složení benzinů se liší podle druhu benzinu, použitých surovin a výrobní technologie rafinérie. Složky používané pro přípravu benzinů se někdy označují jako benzinový pool. Benziny se připravují mísením z řady komponentů, aby se získal benzin o požadovaném oktanovém čísle, tlaku par a dalších normovaných vlastnostech. Hlavní složkou automobilových benzinů jsou reformáty, které se získávají katalyckým reformováním těžkých benzinů a benziny připravené fluidním katalyckým krakováním (FCC) těžších ropných frakcí. Těžké benziny, jejichž oktanové číslo se zvyšuje reformováním pocházejí z destilace ropy, tak z termického krakování a katalytického hydrokrakování těžších ropných frakcí. V menším množství se do automobilových benzinů dávají alkyláty a polymeráty z alkylace, resp. Polymerace  $C_3$  a  $C_4$  uhlovodíků, izomeráty připravení izomerací lehkých benzinů a primární destilace ropy, primární lehké benziny, butany a étery zejména (MTBE) a (ETBE). V některých rafinériích se do benzinů přidávají v malém množství také selektivně hydrogenované pyrolýzní benziny a některé vedlejší produkty z petrochemického zpracování aromátů.

Složka	USA	Evropa
Benzín z FCC	36,2	27,1
Reformát	34,7	46,9
Alkylát a polymerát	13	5,9
Lehký primární benzín	4	7,6
Izomerát	4,7	5
Butany	5,6	5,7
Étery	1,8	1,8

**Tabulka 2-5 Hlavní složky používané pro míchání automobilového benzínu v USA a Evropě v roce 1995 [% hm]**

V USA je ve srovnání s Evropou více rozšířeno fluidní katalytické krakování (FCC) vakuových destilátů a jiných těžkých ropných frakcí. Proto je tam k dispozici více benzinů z FCC a více alkylátů a polymerátů, které se vyrábějí z  $C_3$  a  $C_4$  uhlovodíků, které při FCC ve velkém množství vznikají. V současné době se většina lehkých benzinů izomeruje, takže se zvětšilo zastoupení izomerátů a výrazně kleslo zastoupení primárního benzínu v autobenzínech (izomerace lehkého primárního benzínu částečně nahradila pokles oktanového čísla benzinů v důsledku zákazu přidávání sloučenin olova do autobeninů).

Skupina	Natural 95	Natural 95	Natural 95
	A	B	C
n-Alkany	10,1	9,3	13,7
i-Alkany	33,6	26,4	29,3
Cykloalkany	5,7	4,8	5,5
Aromáty	29,7	34,2	31,1
Alkeny	15,2	14,2	5,8
MTBE	5,6	11	14,7

**Tabulka 2-6 Příklad uhlovodíkového benzínu [% obj.]**

Rafinérie v ČR automobilové benziny míchají hlavně z reformátů, izomerátů, benzínu z FCC, v menším množství i z lehkých a středních primárních benzinů, butanů a MTBE. Alkyláty a polymeráty nejsou k dispozici. [11]

### 2.6.2 Benzina Verva 100 (Natural 100)

Podle informací prodejce je vysokooktanový automobilový benzin Verva 100 vyvinut s cílem zlepšit výkon motoru v různých klimatických podmínkách a automobilech s proměnlivou zátěží a vyšším kompresním poměrem. Při vzniku tohoto paliva byla použita formulace aditivace a typy přísad, které výrazně snižují třecí ztráty a mají příznivý vliv na zvýšení výkonu motoru.

Formulace aditivace paliva Verva 100 zaručují současně i menší spotřebu. Verva 100 dokáže snížit ztráty způsobené třením a energie vzniklá při spalování tak může být efektivně využita. Benzin Verva 100 udržuje díky svým vlastnostem motor v čistotě a zajišťuje jeho maximální výkon. Čisticí efekt se příznivě projevuje na čistotě sacích ventilů, vstřikovačů i celého spalovacího prostoru, likviduje také starší usazeniny a chrání celý palivový systém před korozi. Palivo navíc splňuje i ty nejpřísnější ekologické požadavky, protože je bezsirné.

### 2.6.3 LPG

Propan-butanová směs, v zahraničí a v poslední době i v ČR označována jako LPG (Liquefied Petroleum Gas), se používala pro pohon motorových vozidel u nás i ve světě již dříve, zejména v období druhé světové války a po ní, kde byl nedostatek benzínu.

Přestavba motoru na alternativní pohon LPG je podobná jako u přestavby na pohon CNG. Tlakové lahve s LPG se plní jen na 75 – 80% obj., aby se zabránilo vytvoření velkého přetlaku při ohřátí láhve. Tlaková láhev o hmotnosti 53kg obsahuje asi 46 kg LPG, což je ekvivalentní asi 74 l benzínu. LPG jako palivo používalo ve světě asi 5 milionů vozidel, v Evropě okolo 1,1 milionu vozidel.

#### 2.6.3.1 Vlastnosti a použití $C_3$ a $C_4$ uhlovodíků.

$C_3$  a  $C_4$  uhlovodíky se používají buď samostatně nebo ve směsi jako propan-butanová směs, v zahraničí a v poslední době i v České republice se tato směs označuje jako LPG.  $C_3$  a  $C_4$  uhlovodíky se využívají hlavně následujícím způsobem:

#### LPG

- Pohon motorový vozidel
- Topení a ohřev v domácnostech a průmyslu
- Surovina na výrobu etylenu a propylenu pyrolýzou

## **Propan**

- jako rozpouštědlo při odasfaltování těžkých olejových frakcí
- Jako rozpouštědlo při odparařinování minerálních olejů

## **Butany**

- vymíchávání do automobilových benzinů
- hnací plyn ve sprejích kde nahrazují freony

## **N-butan**

- izomerace na izobutan

## **I- butan**

- surovina na výrobu alkylátů, které se používají jak složka benzinů

## **Buteny**

- aditací metanolů na i-buten se vyrábí metyl-terc-butyléter nebo etyl-terc-
- Aditací i-butanu na buteny a propen se vyrábí alkylát, která se používá jako vysokooktanová složka do autobenzínů
- butyléter , které se používají jako vysokooktanová složka do benzin
- Surovina na výrobu polymerů a jiných petrochemických výrobků

Množství butanů, které je možno vymíchávat do automobilových benzinů, je omezené, protože tyto uhlovodíky zvyšují tlak par benzinů, který je legislativně limitován. N-Butan je možno do benzinů přidávat ve větším množství, protože má nižší tlak par ( $TP=206 \text{ kPa}$ ) než izobutan ( $TP=300 \text{ kPa}$ ). Rafinérie prodávají automobilové benziny za vyšší cenu než LPG, proto se většinou snaží vymíchat do benzinů maximální množství  $C_4$  uhlovodíků, zejména n-butanu.

Složení propan-butanové směsi, která se používá jako topná plyn v domácnostech se liší v letních a zimních měsících, protože je třeba zajistit dostatečné odpařování uhlovodíků i při nižší teplotě v zimě. Proto musí tato směs v zimních měsících obsahovat více propanu a méně  $C_4$  uhlovodíků Propan-butanová směs může obsahovat poměrně značné množství nenasycených  $C_3$  a  $C_4$  uhlovodíků.



Vlastnosti	Druh letní	Druh zimní
C2 uhlovodíky a intery [% obj.] max.	7	7
C3 uhlovodíky a intery [% obj.] min.	30	55
C4 uhlovodíky [% obj.]	30 až 60	15 až 40
Nenasycené uhlovodíky [% obj.] max.	60	65
C5 a vyšší uhlovodíky [% obj.] max.	3	2
Celková síra [mg/kg]	200	200

**Tabulka 2-7 Vybrané Vlastnosti propan-butanu požadované ČSN 65 6482 [9]**

Vybrané vlastnosti, které musí splňovat LPG používaný pro pohon automobilů jsou uvedeny v tabulce 2-5. Oktanové číslo motorovou metodou ( OČMM) se v tomto případě počítá ze složení vzorku stanoveného plynovou chromatografií a oktanových faktorů stanovených uhlovodíků a nestanovuje se motorovou zkouškou jako v případě benzinů. LPG v průměru obsahuje 60%  $C_3$  a 40%  $C_4$  uhlovodíků.

$C_3$  a  $C_4$  uhlovodíky se většinou dopravují v kapalném stavu. Při úniku se velmi dobře a rychle odpařují, vytěsňují z prostředí vzduchu ohrožují člověka zadušením. Jejich hustota je větší než hustota vzduchu, proto se shromažďují v prohlubních a kanálech, odkud se nesnadno odvětrávají a mohou zde vytvářet výbušnou směs. Z tohoto důvodu je zakázán vjezd automobilů poháněných LPG do hůře odvětrávaných podzemních garáží.

Vlastnosti	Jednotka	LPG
OČMM	[min]	89
Obsah dienu ( jako 1,3 butadien), max	[% mol.]	0,5
Obsah celkové síry (po odoraci), max.	[mg/kg]	50
Koroze na měděné destičce ( 1 hodina při 40°)	[stupeň koroze	Třída 1
Olejový zbytek, max.	[mg/kg]	100
Absolutní tlak par při 40°C, max.	[kPa]	1550
Absolutní tlak par min. 150 kPa při teplotě, min.	[C°]	-5

**Tabulka 2-8 Vybrané vlastnosti LPG požadované ČSN EN 589 [9]**

#### 2.6.4 Ethanol

Palivo E85

U tohoto paliva je 85 % biosložka a 15 % benzínu u letní směsi. Zimní směs paliva E85 by měla obsahovat minimálně 20% benzínu.

Pokud je tento obsah menší, tak může dojít k problémům se startováním studeného motoru a vysokou spotřebou paliva. U moderních automobilů není třeba žádná nákladná přestavba, jen stačí vyměnit palivový filtr a některé gumové hadičky vyměnit za odolnější. Může docházet k rozleptávání gumy.

Ethanol nebo ethylalkohol (hovorově líh či alkohol) lze jako pohonou hmotu použít těmito způsoby:

- Součást automobilových benzinů v množství do 5% obj.
- Ve formě etyl-tercbutyl-éteru jako součást automobilových benzinů v množství do 15% obj.
- Ve speciálních palivech ve směsi s ropnými benziny v množství nad 5% obj.
- Jako součást motorové nafty při přidavku etanolu do 5% obj. do motorové nafty je směs při 20C° navzájem dokonale mísitelná. Při použití oběhového čerpadla, které promíchává obsah palivové nádrže, je možno zvýšit přídavek etanolu až 15% obj. pro zlepšení mísitelnosti etanolu s motorovou naftou byly vyvinuty některé přísady např. AVOCENT.

Ethanol může být z biomasy vyráběn následujícími postupy

- Fermentací cukru obsažených v cukrovce, cukrové třtině apod.
- Fermentací cukru vyrobených enzymatickým nebo kyselým štěpením škrobu obsaženého v obilninách, bramborech, atd
- Fermentací cukru vyrobených kyselou nebo enzymatickou hydrolýzou celulozových látek jako dřevo, sláma

Ethanol se také vyrábí hydratací etylenu, který se získává pyrolýzou ropných frakcí. Tento syntetický etanol nelze považovat za alternativní palivo, protože se vyrábí z ropné frakce, vyrobený etanol je navíc dražší než benzin.

V současnosti jsou nejdůležitějšími zdroji bioetanolu cukrová třtina, různé druhy obilovin, cukrová řepa a brambory. V poslední době jsou využívány odpadní suroviny rostlinného původu s vysokým podílem přímo nezkvasitelných polysacharidů jako jsou celulosy, hemicelulosy, xylosy a pentosy které jsou součástí obilní slámy a rychle rostoucích energických plodin.

Výhodnost pěstování zemědělských plodin závisí na výnosech, cenách a daňové politice. V tabulce jsou uvedeny výnosy některých zemědělských plodin a výtěžek etanolu, který z nich lze získat.

Plodina	Výnos [t/ha]	Výnos Ethanolu [l/t]	Produkce Ethanolu [t/ha]
Přenice ozimá	5,5	370	1,6
Cukrovka(bulvy)	40	80	2,6
Brambory(hlízy)	25	100	2
Kukuřice (zrno)	4	386	1,3
Pšenice	4,5	393	1,4
Ječmen	4,2	368	1,2
Žito	3,6	355	1
Oves	3,4	334	0,9

**Tabulka 2-9 Výtěžnost surovin**

Přídavek etanolu do motorové nafty snižuje výkon motoru, zvyšuje spotřebu paliva a zmenšuje jeho cetanové číslo. Výhodou etanolu je jeho velké oktanové číslo, nevýhodou je menší výhřevnost a nebezpečí rozdělení kapalného paliva na uhlovodíkovou a vodně-alkoholickou vrstvu i při malém obsahu vody v palivu. Voda se do paliva může dostat etanolem, pokud se při jeho výrobě nedostatečně oddělená. Jakou součástí paliv lze použít jen tzv. bezvodný denaturovaný etanol, který obsahuje min. 95% obj. etanolu, 2-4% obj. denaturačního prostředku a max. 0.39% obj. vody. Do určité míry lze snížit nebezpečí separace fází přídavkem tzv. kosolventů (výše vroucí alkoholy). Alkoholy mohou rovněž narušovat některé plastické hmoty, které se používají při konstrukci spalovacích motorů. [18]

## **2.7 Legislativa a nařízení EU**

Emisní normy určují množství vypoštěných spalin, které můžou být automobilem vypuštěny do ovzduší.

První emisní norma vznikla v roce 1968 v Kalifornii v Spojených Státech Amerických. V dnešní době existuje celá řada emisních předpisů (Evropa, Japonsko, USA).

V Evropské unii lze dle specifikace běžného benzínu přidávat 5 % ethanolu. Uvažuje se o možnosti přidávat až 10 % ethanolu. Většina benzínu prodáváného ve Švédsku obsahuje 5 - 15 % ethanolu, prodávaná směs (E85) obsahující 85 % ethanolu a 15 % benzínu. V Česku se od 1. června 2010 povinně přidává do benzínu nejméně 4,1 % ethanolu.

### 2.7.1 Norma EHK ( Evropské hospodářské komise)

Norma	Platnost	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	PM
		[ g/km ]				
EHK 15.00	1973	28,90	2,15	-	-	-
EHK 15.01	1977	23,20	1,83	-	-	-
EHK 15.02	1979	23,20	1,83	2,47	-	-
EHK 15.03	1981	18,80	1,60	2,10	-	-
EHK 15.04	1984/86	14,30	-	-	4,69	-
EHK 15.05	1990/91	11,10	-	1,48	3,70	-
EHK 83.01	1992	2,72	-	-	0,97	0,14
EHK 83.02	1995	2,72	-	-	0,97	0,14
EHK 83.03	1997	1,00	-	-	0,70	0,08

Tabulka 2-10 Normy EHK [5]

### 2.7.2 Norma EURO

Touto právní normou se řídí celá Evropská unie

Norma	Platnost	CO		HC	NO <sub>x</sub>		HC+NO <sub>x</sub>		PM
		[ g/km ]							
EURO 1	1992	3,16	3,16	-	-	-	1,13	1,13	0,18
EURO 2	1996	2,20	1,00	-	-	-	0,70*	0,50	0,08**
EURO 3	2000	2,30	0,64	0,20	0,50	0,15	0,56	-	0,05
EURO 4	2005	1,00	0,50	0,10	0,25	0,08	0,30	-	0,025
EURO 5	2009	1,00	0,50	0,10	0,18	0,06	0,23	-	0,005
EURO 6	2014	1,00	0,50	0,10	0,08	0,06	0,17	-	0,005

**BENZÍNOVÉ MOTORY, NAFTOVÉ MOTORY**

\*0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva

\*\*0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva

Tabulka 2-11 Normy EURO [5]

### 3 Popis vozidla a návrh metodiky měření

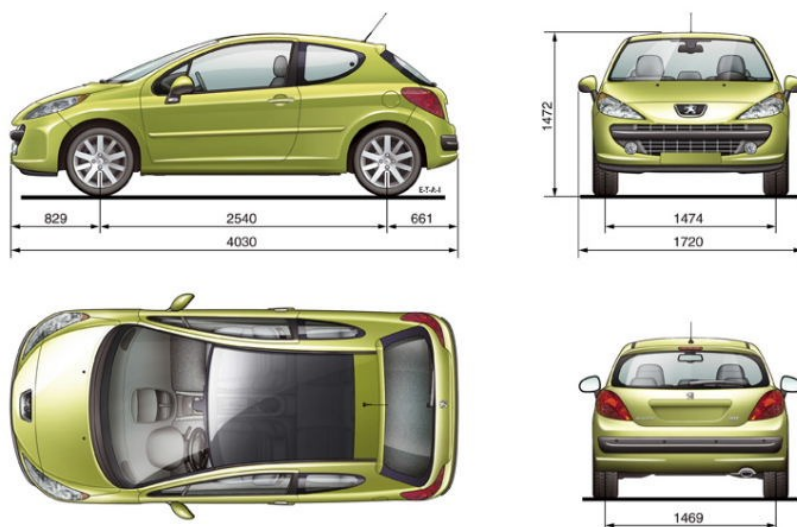
V této kapitole je kladen důraz na popis automobilu a hlavně popis metodiky měření, jednotlivých měřících přístrojů, nebo také válcové zkušební brzd.

#### 3.1 Popis vozidla Peugeot 207 1.4 8V

Pro měření byl zvolen Peugeot 207 sloužící pro rozvoz pizzy a jídel.



Obrázek 3-1 Peugeot 207



B

Obrázek 3-2 Rozměry vozidla

Značka, Model	<b>Peugeot 207</b>
Motor	<b>1.4 [KFV (TU3JP)]</b>
Rok výroby	<b>2008</b>
Výkon	<b>54 kW při 5400 1/min</b>
Výkon	<b>73 PS</b>
Objem motoru	<b>1360 cm<sup>3</sup></b>
Objem motoru	<b>1.4 l</b>
Počet válců	<b>4</b>
Typ pohonu	<b>pohon předních kol</b>
Typ paliva	<b>Benzín</b>
Typ karoserie	<b>Hatchback</b>
Počet ventilů	<b>8</b>
Kompresní poměr	<b>10,5</b>
Točivý moment	<b>118 Nm při 3300 1/min</b>
Druh motoru	<b>řadový</b>
Umístění motoru	<b>vpředu napříč</b>
Příprava směsi	<b>vícebodové vstřikování</b>
Přepřínování	<b>není</b>
Vrtání / Zdvih	<b>75/77 mm</b>
Řízení motoru	<b>ozubený řemen</b>
Typ chlazení	<b>chlazený vodou</b>
Počet ložisek na klikovém hřídeli	<b>5</b>
Počet rychl. stupňů (man.)	<b>5</b>
Převodovka	<b>Manuální</b>
Maximální rychlost	<b>170 km/h</b>
Zrychlení z 0 na 100 km/h	<b>14.5 s</b>
Provozní hmotnost	<b>1156 kg</b>
Užitečná hmotnost	<b>424 kg</b>
Hmot. brzděného přívěsu	<b>950 kg</b>
Počet dveří	<b>3</b>
Počet míst	<b>2</b>
Rozchod kol vpředu	<b>1475 mm</b>
Rozchod kol vzadu	<b>1468 mm</b>
Rozvor náprav	<b>2540 mm</b>
Min. objem zavaz. prostoru	<b>270 litrů</b>
Max. objem zavaz. prostoru	<b>923 litrů</b>

**Tabulka 3-1 Tabulka údajů o vozidle Peugeot 207**

Otáčky motoru [1/min]	Volnoběžné 700-850		Zvýšené 2200-2400	
Emisní kartička- Data udaná výrobcem				
Palivo	Benzín	LPG	Benzín	LPG
Obsah CO [%obj.]	0,5	0,5	0,2	0,2
Lambda [1]			0,97-1,03	

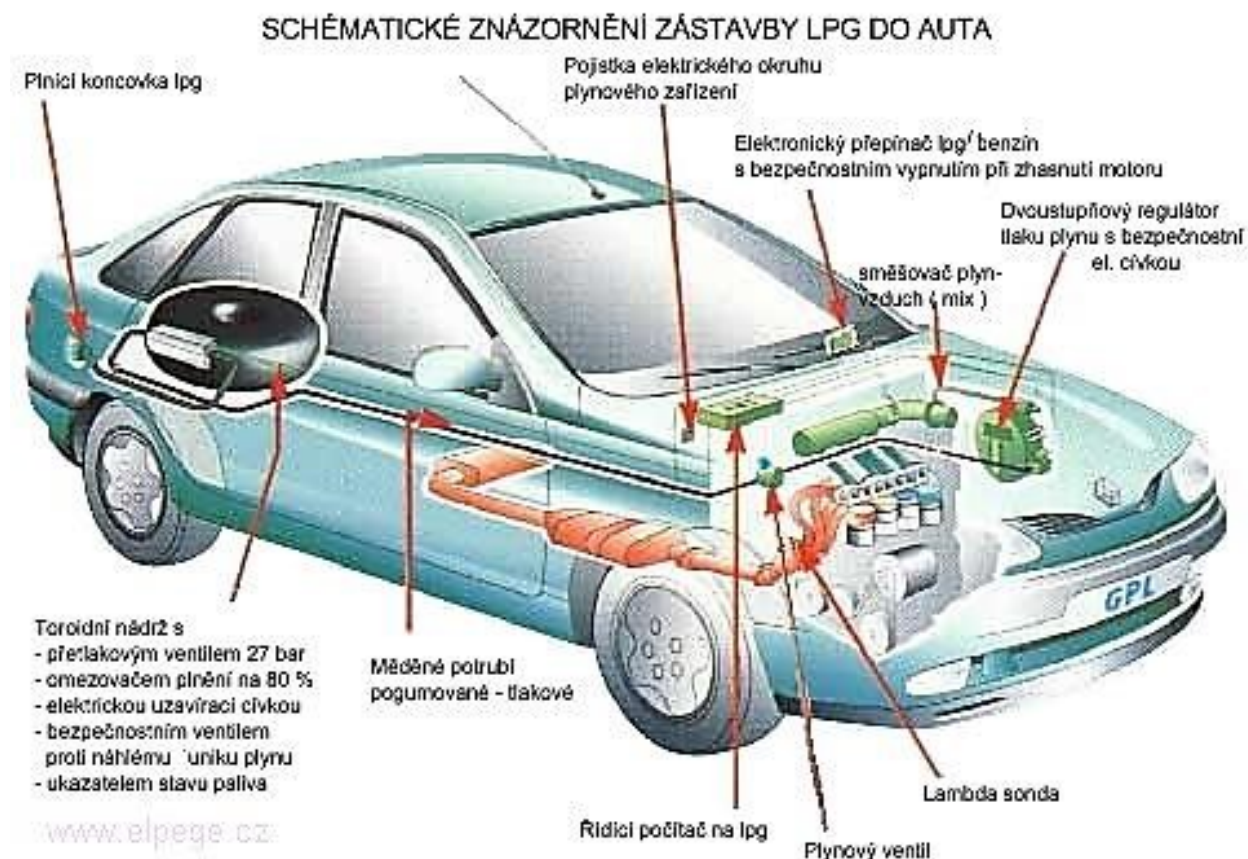
**Tabulka 3-2 Emisní průkaz Peugeot 207**

### 3.1.1 Popis zástavby LPG ve voze

Výrobce zařízení: TOMASETTO STAG 4 plus

Typ zařízení: AGC 01-13

Typ nádrže/objem/výr. číslo: ATRAMA – toroidní / 46l / 0444



Obrázek 3-3 Schéma znázorněné zástavby LPG do auta

#### 3.1.1.1 Meděné potrubí pogumované – tlakové

Meděné trubky potažené plastem, speciální gumové hadice na LPG , SK spony, vodiče, příchytky a vodotěsné konektory, kabeláž

#### 3.1.1.2 Řídicí jednotka LPG

Vyhodnocuje údaje z lambda sondy, TPS signálu, podtlaku v sání, napětí, otáček, teploty pro přepnutí apod., a řídí optimální směs a jízdní vlastnosti vozidla, vyhodnocuje množství směsi v daném okamžiku zatížení motoru.





**Obrázek 3-4 Řídící jednotka LPG**

#### **3.1.1.3 Plynový ventil**

Je elektromagnetický ventil s filtrem. Uzavírá nebo otevírá přívod plynu podle zvolené polohy na přepínači.

#### **3.1.1.4 Směšovač plyn – vzduch**

Umístěn v sacím traktu, před akcelerační klapkou, do kterého se přivádí LPG (již se sníženým tlakem) a míchá se se vzduchem

U vozidel se vstřikovacím systémem se LPG přivádí pomocí vstřikovačů do sacího traktu co nejbližší k ventilům motoru.

#### **3.1.1.5 Elektronický přepínač LPG/ benzín s bezpečnostním vypnutím při zhasnutí motoru**

Umístěný v zorném poli řidiče umožňuje volbu pohonu vozidla za splnění podmínek pro přepnutí

#### **3.1.1.6 Další prvky**

**Dvoustupňový regulátor tlaku plynu s bezpečnostní el. cívkou**

**Pojistka elektrického okruhu plynového zařízení**

**Toroidní nádrž**

**Plnicí koncovka**



**Obrázek 3-5 Vstřikování LPG**



### 3.1.1.7 Stručný popis činnosti

Při tankování zkapalněného LPG proudí plyn pod tlakem od přípojky dálkového plnění přes víceúčelový ventil do nádrže, kde jeho množství je indikováno mechanický ručičkovým hladinoměrem na nádrži (válcové nádrže).

U toroidních nádrží (místo rezervního kola) je tento hladinoměr zakrytován plynotěsnou schránkou. Stav je indikován elektronicky na přepínači benzin-plyn, nebo se zobrazí na benzinovém palivoměru v provozu vozidla na plyn.

Při jízdě na plyn se z nádrže odčerpává LPG přes víceúčelový ventil. Vysokotlakým potrubím se dostává k uzavíracímu ventilu, který ho propouští do odpařovače s regulátorem tlaku plynu (reduktoru). Zde se tekuté LPG mění na plynné skupenství a současně se v regulátoru redukuje jeho tlak snižuje. Energie potřebná k ohřátí reduktoru a tím zamezení zamrznutí LPG při jeho odpařování se získává z chladicí soustavy motoru zavedením teplé vody do reduktoru.

U jednodušších zařízení alternativního pohonu LPG (pro vozidla s karburátorem a vstřikováním kromě vstřikování sekvenčního) je odpařené LPG odsáváno přes potrubí a regulační člen do směšovače. Ve směšovači pak vzniká ideální směs nasávaného vzduchu a regulovaného množství LPG a zavedena do motoru.

U vozidel s jednobodovým i vícebodovým vstřikováním jsou vstřikovače benzínu vyřazeny z funkce a nahrazeny umělým signálem z ŘJ plynu, u karburátorových vozů je elektro ventilem uzavřen přívod benzínu do karburátoru.

U vozů se sekvenčním vstřikováním je regulované množství plynu vedeno do sacího potrubí vlastními tryskami LPG umístěnými v blízkosti vstřikovacích ventilů benzínu. Vstřikovače benzínu jsou při jízdě na LPG vyřazeny z funkce a nahrazeny umělým signálem t ŘJ plynu.

Při jízdě na benzin jsou funkce zařízení na LPG vyřazeny z funkce.

### **3.2 Popis jednotlivých členů válcová zkušebna MAHA LPS 200**

Válcová zkušebna MAHA LPS 200 se skládá z jednotlivých součástí, které jsou popsány v této kapitole. Jsou to tyto základní prvky :

- Sada válců
- Komunikační pult z obrazovkou zobrazující data a klávesnicí
- Modul rozhraní, připojeny ke komunikačnímu pultu přes který se připojují čidla pro měření otáček
- Ventilátor, který žene chladný vzduch pro ochlazování měřeného automobilu
- Tiskárna

V zkušebně musí být umístěny další prvky, které jsou nezbytně nutné pro provoz

- Zdroj elektrického proudu pro napájení zkušebny
- Zařízení pro odsávání výfukových zplodin
- Ventilační systém pro přívod a odvod čerstvého vzduchu [4]

### 3.2.1 Sada válců

Sada válců pro MAHA LPS 2000 je vyráběná v různých provedeních. Pro účel měření v této diplomové práci je použita sada válců R100/1, která je ve zkušebně umístěná. V našem případě se jedná o provedení s jednou elektromagnetickou vířivou brzdou pro osobní automobil nebo lehký užitkový automobil jednou poháněnou nápravou.

Technické parametry jsou uvedeny v tabulce (3-3):

Sada válců	R 100/1	Jednotky
Délka	3345	[mm]
Šířka	1100	[mm]
Výška	520	[mm]
Hmotnost včetně obalu	1400	[kg]
Zátěž os	2,5	[t]
Délka válců	750	[mm]
Stopa min.	800	[mm]
Stopa max.	2300	[mm]
Nejmenší měřitelné kolo	12“	
Průměr válců	318	[mm]
Odstup od válců	540	[mm]
Zdvíhací práh pneumatický	min. 0,8	[MPa]
Vířivá brzda	260	[kW]
Napojení na síť	230	[V]
Pojistka	16	[A]
Rychlost měření	max. 260	[km.h <sup>-1</sup> ]
Výkon kol	max. 260	[kW]
Hnací síla	max. 6	[kN]
Přesnost měření	±2%	

**Tabulka 3-3 Popis válcové zkušebny MAHA**



**Obrázek 3-6 Válcová brzda**

### 3.2.2 Modul rozhraní

K modulu rozhraní jsou připojena čidla snímající hodnoty pro potřebné průběh a hodnocení měření a externí přístroje. K tomuto modulu se připojují čidla teploty oleje, které se připojuje místo měrky oleje, jsou potřebné pro získávání dat motoru a okolních podmínek pro zkušební stanici. Je v něm zabudován tlakoměr vzduchu. Teplotní čidlo se dá pomocí svorky umístit na sání motoru a měřit přesnou teplotu nasávaného vzduchu. Tlak vzduchu je snímán měřicím boxem a slouží k výpočtu výkonu motoru dle vybraných norem a směrnic. Dále se připojuje čidlo otáček a indukční kleště [1]



**Obrázek 3-7 Modul rozhraní**



**Obrázek 3-8 Indukční kleště**

### 3.2.3 Ventilátor

Je připojen k hlavnímu ovládacímu pultu, spouští se klávesou F5 a zajišťuje přísun studeného vzduchu směrem k vozidlu. Tím zajišťuje chlazení motoru, částečně vířivé brzdy a přísun vzduchu k motoru. Jeho umístění je přibližně, metr řed vozidlo a musí být zajištěn nožní brzdou umístěnou na kolech.



**Obrázek 3-9 Ventilátor**

### 3.2.4 Snímač otáček

Otáčky motoru lze zjistit čtyřmi různými způsoby. Čidlo je připojeno k modulu rozhraní a dále ke komunikačnímu pultu a je napájeno pomocí svorek akumulátoru automobilu. Při testování vozidel budu používat první ze ze zmíněných metod:

- vibrační snímač
- indukční kleště
- ukazatel horní úvratě
- světelná závora [13]



**Obrázek 3-11 Snímací modul**



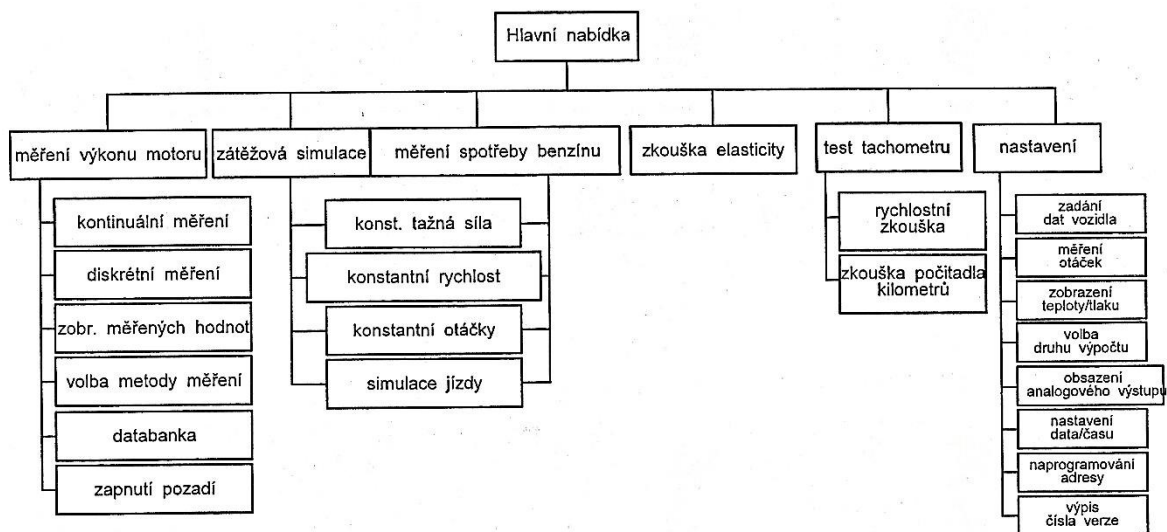
**Obrázek 3-10 Pripojení svorek k baterii**

Indukční kleště snímacího obvodu slouží ke snímání signálu otáček z kabelu zapalování. Měly by být umístěny pokud možno nejblíže k zapalovací svíčce a pokud možno nejdále od nejbližšího kabelu zapalování. Kleště indukčně snímají signál vysokého napětí, který je veden k libovolnému válci. Impulsy jsou z kleští předávány do měřicího boxu a tam převáděny na signál počtu otáček. [4]

Vibrační snímač otáček je externí přístroj, který je používán v kombinaci s indukčními kleštěmi. Je vybaven vibrační sondou s magnetem, která se umísťuje vhodně na motor vozidla. Na přístroji nastavím počet válců vozidla a typ motoru (čtyřdobý, dvoudobý). Indukční kleště jsou umístěny na kabel přístroje, který převádí vibrační signál na napěťový. Přístroj je napájen ze sítě automobilu.

### 3.2.5 Struktura programu

Ovládací program zkušební stanice výkonu je orientován na nabídkové menu. Je rozdělen do několika úrovní, podle druhu testování, které zkušebna umožňuje. Data a příkazy lze zadávat klávesnicí, která je součástí komunikačního pultu. Hlavní nabídka je rozdělena do šesti podnabídek, které lze vybrat kurzorovými klávesami a klávesou <RETURN>. Stejný postup platí pro body podnabídky. [4]



Obrázek 3-12 Struktura programu [4]



### 3.3 Popis měřáku emisí BEA - 250

Bosch-Emisní-Analýza (BEA – 250) je určena pro úřední a diagnostické měření. Dále je k přístroji připojen modul analyzátoru (AMM), modul opacimetru RTM 430 i modul měřených veličin (DTM) používaný pro úřední měření emisí podléhající pravidelné kalibraci, kterou provádí servisní technici Bosch. Varianta, kterou jsme používali je vybavena modulem měřených veličin, který kromě několika různých možností měření otáček umožňuje měření teploty motoru a příslušných úhlových veličin, u zážehových motorů je to úhel sepnutí a předstih.



Obrázek 3-14 Měřicí stanice BEA 250



Obrázek 3-13 Štítek údajů



### 3.3.1 Modul měřených veličin (DTM)

Modul měřených veličin (DTM) provádí měření následujících parametrů motoru:

- Měření teploty oleje pomocí snímače teploty
- Měření otáček motoru z:
  - akumulátorových svorek
  - otáčkových kleští
  - svorkového snímače
  - optického snímače
- Měření napětí na lambda sondě
- Měření úhlu sepnutí
- Měření předstihu
- Měření dynamického předstihu
- Měření otáček se snímačem HÚ



Obrázek 3-15 Modul měřených veličin

Otáčky u zážehových motorů		
Snímač	Měřicí rozsah [ot/minj]	Chyba měření [ot/minj]
Svorka akumulátoru	600-6000	10
Otáčkové kleště	100- 15 000	10
Snímač HÚ/ opt. snímač	100- 8 000	10

Tabulka 3-4 Rozsah měřených otáček

### 3.3.2 Modul analyzátoru



Obrázek 3-16 Modul analyzátoru

Pomocí modulu analyzátoru jsou měřeny komponenty výfukových plynů  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $HC$ . Hodnota Lambda se vypočítá na základě změřených hodnot plynu.

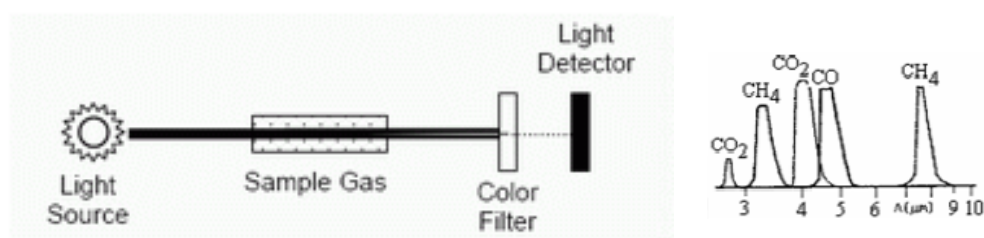
Pro měření  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $HC$  a složek  $HC$  je použita nedisperzní infračervená metoda (NDIR-ndisperzní infračervená spektroskopie). Kyslík se určuje pomocí elektrochemicky působícího snímače. Naměřené hodnoty mohou být vytištěny pomocí připojené tiskárny. [14]

Modul analyzátoru výfukových plynů		
Složka	Měřicí rozsah	Chyba měření [% obj]
CO	0,000-10,00	0,001
CO <sub>2</sub>	0,00-18,00	0,01
HC	0-9999 [ppm obj]	1 [ppm obj]
O <sub>2</sub>	0,00-22,00	0,01
Lambda	0,500-9,999	0,001

**Tabulka 3-5 Rozsah měření BEA 250**

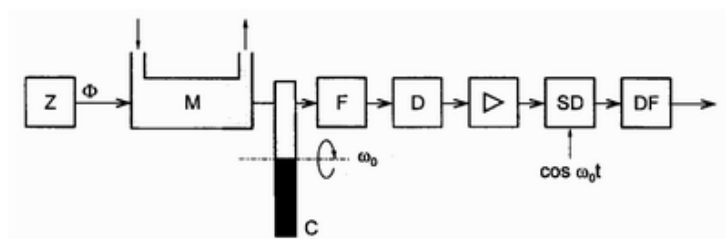
### 3.3.2.1 NDIR-ndisperzní infračervená spektroskopie

Tento princip patří mezi ty hojně využívané v průmyslových analyzátoch složení plynů. Metoda NDIR je založena na faktu, že některé plyny absorbují určitou vlnovou délku (spektrální čaru) záření, které jím prochází. Při správné volbě zdroje záření tato metoda umožňuje s vysokou selektivitou určovat a měřit složení plynů, jejichž absorpční pásma pohlcující světlo a leží ve spektru infračervených vlnových délek, tzn. od 200 do 900 nm. Mezi plyny splňující tento požadavek například  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2O$  nebo  $CH_4$ .



**Obrázek 3-17 Princip nedisperzivní infračervené spektroskopie**

Princip absorpce infračerveného záření využívá skutečnosti, že každý druh plynu absorbuje jinou vlnovou délku a tak lze i ve směsi několika různých plynů určit přesně složení. Prostě se jen zjistí, které vlnové délky prošlého záření chybí, nebo jsou zeslabeny. Podle intenzity útlumu se pak určuje koncentrace každého plynu obsaženého ve směsi.



Obrázek 3-18 Principiální schéma NDIR

(Z-zdroj záření, M-měřicí komora s plynem, C-clonkový kotouč, F-filtr, D-detektor, SD-synchronní detektor, DF-dolnofrekvenční filtr)

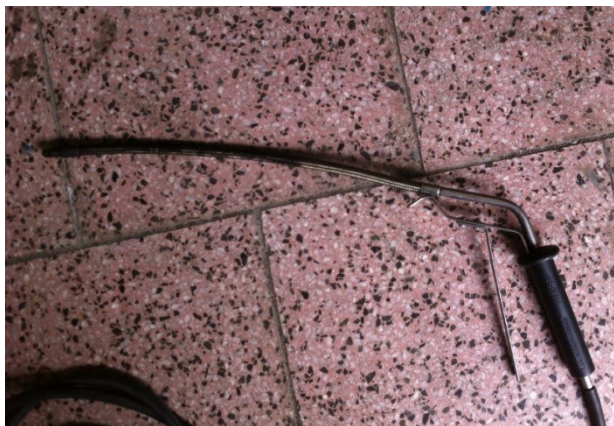
Principiální blokové schéma takového nedisperzivního infračerveného spektrometru je na obrázku 20. Zdroj infračerveného záření (výbojka) vysílá paprsky, které jsou z důvodu detekce změn přerušovány otáčejícím se kotoučem. Paprsky dále procházejí komorou s analyzovaným plynem. Za ní se nachází detektor záření - přijímač, který měří útlum jednotlivých složek a převádí je na elektrický signál. Ten se již upravuje, digitalizuje a elektronicky zpracovává, až se získá výsledná informace o složení a koncentracích jednotlivých složek. Největším "problémem" uvedeného principu je tzv. křížová citlivost analyzátoru, která je způsobena překrýváním absorpčních pásem některých plynů. To znamená, že určité vlnové délky jsou zároveň absorbovány dvěma plyny, tzn. že nelze rozlišit, který z nich je ve směsi obsažen. Tyto "spektrální přechody" se obvykle optickými nebo elektronickými filtry potlačují, aby nevnášely do měření rušící jevy.

Pro případy, kdy je nutné dosáhnout velmi vysoké přesnosti a detekovat jen několik druhů plynů, tzn. měřit absorpci jen na několika konkrétních vlnových délkách, se jako zdroj záření využívá laserových diod. Ty generují jen velmi úzké svazky paprsků, jejichž spektrum obsahuje jen jednu vlnovou délku. Ta je nastavena přesně na absorpční maximum hledané složky plynu a křížová citlivost se tak maximálně eliminuje. Tento princip již odpovídá spíše principu disperzivního infračerveného spektrometru - DIR. Jeho nevýhodou proti NDIR je schopnost detekovat jen tolik složek, kolik je laserových diod ve vysílači. [17]

### 3.3.2.2 Princip činnosti modulu analyzátoru

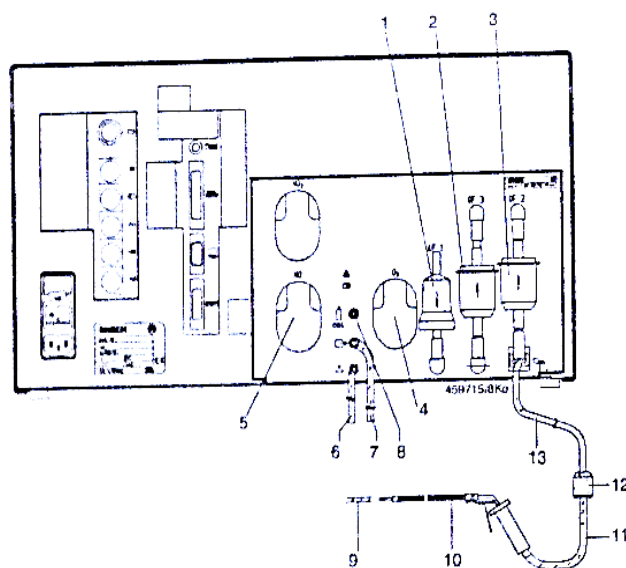
Doba pro zahřátí přístroje je 1 minuta. Během této doby není možné provádět žádná měření.

Vynulování při zahájení měření probíhá tak, že po zapnutí čerpadla se automaticky nastaví nulový bod systému pro analýzu pomocí vzduchu z okolního prostředí (nulový plyn). Doba trvání je 30 sekund. Následuje test zbytkových uhlovodíků a po něm vlastní měření.



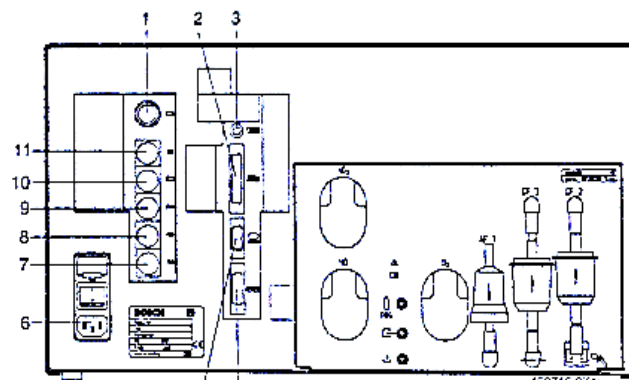
**Obrázek 3-19 Výfuková sonda**

1. Filtr s aktivním uhlím
2. Ochranný filtr čerpadla GF3N
3. Vstupní FILTR GF2
4. Snímač O<sub>2</sub>
5. Snímač NO
6. Výstup plynů a kondenzátu  
(průhledná hadička z PVC, délka 140cm)
7. Výstup měřeného plynu  
(průhledná hadička z PVC, délka 140cm)
8. Vstup kalibračního plynu
9. Hadička pro test těsnosti
10. Odběrová sonda
11. 30 cm vinylová hadička ( černá)
12. Předřadný filtr GF1
13. 8m odběrová hadička ( černá)



**Obrázek 3-20 Modul analyzátoru, zadní strana**

1. Připojovací konektor pro stroboskop
2. Připojovací konektor pro externí tiskárnu
3. Připojovací konektor pro klávesnici
4. Připojovací konektor pro modul opacimetru
5. Sériové rozhraní
6. Napájecí konektor se sít'ovou pojistkou
7. Připojovací konektor pro snímač HU
8. Připojovací konektor pro svorky snímače (diesel)
9. Připojovací konektor pro indukční otáčkové kleště
10. Připojovací konektor pro vedení B+/B-
11. Připojovací konektor pro snímač teploty nebo měření lambda sondy



**Obrázek 3-21 Modul analyzátoru zadní strana**

### 3.3.3 Měření hodnoty lambda

Ze změřené koncentrace ,  $O_2$ ,  $CO_2$  ,  $HC$  a  $CO_2$ , vypočte měřicí přístroj koeficient lambda. Pro výpočet koeficientu lambda je důležité přesné měření kyslíku. Může být aktivováno jak měření koeficientu lambda, tak také měření kyslíku.

Hodnota Lambda je vypočtena pomocí Bretschneiderova vzorce:

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \left( \frac{H_{cv}}{4} * \frac{3,5}{3,5 + \frac{[CO]}{CO_2}} - \frac{[O_{cv}]}{2} \right) * ([CO_2] + [CO])}{\left( 1 + \frac{H_{cv}}{4} + \frac{O_{cv}}{2} \right) * ([CO_2] + [CO] + K_1 * [HC])}$$

(1) [14]

Kde :

[ ] = Koncentrace v % obj., take pro HC

$K_1$  = Konverzační faktor pro HC z NDIR na FID (HODNOTA 8)

$H_{cv}$  = poř vodíku a uhlíku ( typická hodnota 1,7261 \*)

$O_{cv}$  = Poměr kyslíku a uhlíku v palivu ( typická hodnota 0,0175 \*)

\* Hodnoty závisí na použitém palivu

### 3.3.4 Měření kyslíku

Modul analyzátoru je vybaven snímačem měřených hodnot  $O_2$ . Snímač se zašroubuje na zadní stěně přístroje do určeného místa (obr. 3-20 pozice 4). Snímač měřených hodnot  $O_2$  je dílem podléhajícím opotřebení. Měření kyslíku se automaticky porovnává s obsahem vzduchu 20,9% obj. a je potřebné pro výpočet koeficientu Lambda.

### 3.3.5 Měření kouřivosti vznětových motorů

Další hodnoty které se můžou měřit na zážehovém motoru je kouřivost. Komu se používá přístroj zvany opacimetr. Tyto hodnoty kouřivosti jsme mohli také mšřit, ale z důvodu nedostatku času si přiblížíme pouze způsob a techniku měření.

Modul opacimetru RTM 430 slouží k měření kouřivosti vznětových motorů. Je plně funkční ve spojení s řídicím modulem BEA

#### 3.3.5.1 Vysvětlení pojmů

##### **Efektivní délka :**

Je délka světelného paprsku, která prochází kouřem. Činí 432 mm.

##### **Kouřivost [%] a koeficient absorbce (k-faktor) [1/m]**

Kouřivost a koeficient absorbce (k-faktor) jsou měřítkem pro množství světla , které je oslabeno ( absorbováno ) bílým nebo modrým kouřem a pevnými částicemi.

##### **Hmotnostní koncentrace [mg/m<sup>3</sup>]**

Hmotnostní koncentrace je udává hmotnost pevných částic v mg, které je obsaženo v 1 m<sup>3</sup> spalin vznětového motoru. Základem pro přepočet hmotností koncentrací je přepočtová tabulka vydaná Nritisch Motor Industry Research Association (MIRA)

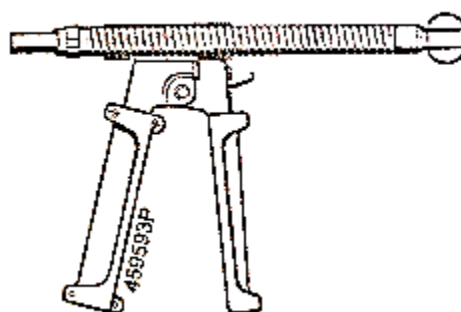
#### 3.3.5.2 Popis funkce

Modul RTM 430 slouží k získání hodnot koeficientu absorbce [1/m] u vozidel se vznětovým motorem. Je skonstruován tak , aby ho bylo možné přenést na místo měření. K tomu je během volného zrychlení s výfukového potrubí vozidla odebírá přes výfukovou

sondu a odběrovou hadici část výfukových splodin( bez sacího efektu) a přetlakem přivádí do měřicí komory je měřena kouřivost. Měří se stupeň oslabení světla.

### 3.3.5.3 Odběr spalin

Odběr spalin probíhá pomocí výfukové sondy a ta je zkonstruována tak, aby bylo možné provést odběr spalin z výfukového potrubí všech tvarů a délek. Pomocí přestavovacího mechanismu může být minimální hloubka zasunutí 5 cm. Díky konstrukci je zajištěna minimální vzdálenost mm od vnitřní stěny výfukového potrubí.



**Obrázek 3-22 Výfuková sonda pro měření kouřivosti**

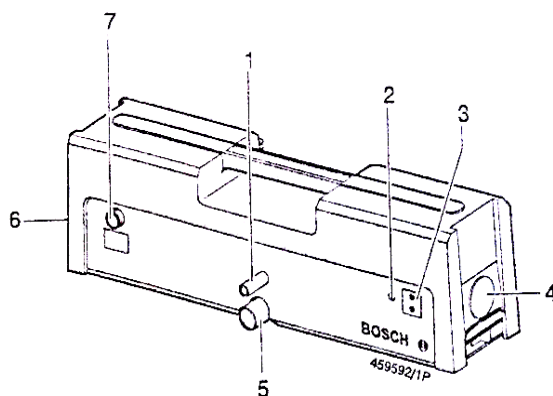
### 3.3.5.4 Měřicí komora:

Při měření kouřivosti vyvíjí vysílač (LED) zelené světlo, které je ve válcové měřicí komoře (délka = 432 mm) částečně pohlcováno kouřem. Nepohlcená část světla dorazí na přijímač (fotodioda), který převede optický signál na elektrický a ten je pak dále zpracováván ve vyhodnocovací jednotce. Tvorbě usazenin na optice zabráňuje systém vzdušných závěsů tj. tangenciální proud vyplachovacího vzduchu okolo optiky.

Aby se zabránilo kondenzaci vodních par na stěnách měřicí komory a aby teplota spalin byla vyšší než je teplota kondenzace, je měřicí komora vybavena vyhříváním. Nulování probíhá automaticky tak, že ventil přepne na nasávání čerstvého vzduchu.

### 3.3.5.5 Předepsaný provoz:

Aby byl zajištěn předepsaný provoz je neustále sledována teplota spalin, teplota měřicí komory a napájecí napětí. Dodatečně je před každým měřicím cyklem provedeno vynulování, při kterém se ověřuje stupeň znečištění měřicí komory. Pokud leží některý ze sledovaných parametrů mimo dovolené tolerance nelze provést měření. [14]



1. Nátrubek pro připojení odběrné hadice
2. Kontrolka
3. Místo pro plombu
4. Víčko přijímače
5. Nátrubek pro připojení odsávání
6. Víčko vysílače
7. Rozhraní připojení k řídicímu modulu

**Obrázek 3-23 Opacimetr**

### 3.4 Výpočet zadávaných hodnot

Pro simulaci jízdy, je zapotřebí vypočíst pomocí pohybové rovnice odpory, které se zadávají pro jednotlivé měřené rychlosti. Vypočtená síla, se dále přepočítává na hodnota výkonu, který je potřebný pro překonání odporu vzduchu a odporu valení. Tyto odpory jsou simulovány pomocí odporu vyvíjeného v elektromagnetické vířivé brzdě.

#### 3.4.1 Odpor vzduchu

Odpor vzduchu  $P_v$  je proporcionální k ploše přední části vozidla a koeficientu odporu  $C_w$  a lze jej vypočítat z následující rovnice:

$$F_v = 0,5 * \rho * c_w * A * (v + v_0)^2$$

[N]

(2) [4]

Kde:

$F_v$  = odpor vzduchu

$\rho$  = hustota vzduchu  $v \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$

$c_w$  = koeficient odporu vzduchu

$A$  = přední plocha  $v m^2$

$v$  = rychlost jízdy  $v \frac{m}{s}$



$$v_0 = \text{rychlost protisměrného větru v } \frac{m}{s}$$

### 3.4.2 Valivý odpor kol

Opor kol vzniká změnou formy kol a vozovky v závislosti na rychlosti

$$F_r = \mu_w * m * g$$

[N]

(3) [4]

Kde:

$$F_r = \text{valivý odpor kol l N}$$

$$\mu_r = \text{koefficient valivého odporu kol}$$

$$m = \text{hmotnost vozidla v kg}$$

$$g = \text{gravitační konstanta } 9,81 \text{ m/s}^2$$

### 3.4.3 Celková ztrátová síla

Nastavení hmotnosti vozidla, odporu vzduchu a valivého odporu v simulačním provozu odporu jízdy je nezbytné, aby bylo možno testovací podmínky simulovat se správnými i jízdními odpory vozidla.

$$F_z = F_r + F_v$$

[N]

(4) [4]

Kde;

$$F_z = \text{celková ztrátová síla zadávána přes komunikační pult}$$

$$F_v = \text{odpor vzduchu}$$

$$F_r = \text{valivý odpor kol l N}$$

### 3.4.4 Přepočet síly na ztrátový výkon

Pro naše potřeby a zadání potřebujeme ztrátovou sílu, jelikož dochází k přepočtu ztrátové síly na ztrátový výkon.

$$P_z = F_z * v$$

$$[\text{kW}] \quad (5) [4]$$

Kde:

$$P_z = \text{ztrátový výkon}$$

$$F_z = \text{celková ztrátová síla zadávána přes komunikační pult}$$

$$v = \text{rychlost jízdy } v \frac{m}{s}$$

### 3.4.5 Metodika měření

Měření proběhlo v laboratořích SŠTD Ostrava – Vítkovice ve vzdáleném pracovišti VŠB v laboratoři válcové zkušebny MAHA LPS 2000. Vzhledem k chybějící metodice pro provádění zkoušek a následnému vyhodnocení výsledků, byla stanovena vlastní metodika měření a zpracování naměřených dat. Tato metodika je popsána v této kapitole.

Měřený automobil Peugeot 207 1.4 8V byl předchozí jízdou zahřát na provozní teplotu cca 90 °C. V prvním kroku byl automobil ustaven na měřicí válce. To probíhalo najetím automobilu na válce, následným spuštěním měřících válců, protočením kol a zjištění zda je vůz kolmo k ose válců a nevybočuje do stran. Jelikož se nepodařilo na první pokus ustavit automobil kolmo k ose válců a vůz vybočoval, musel se nájezd automobilu opakovat. Po vystředění automobilu se vůz upevnil přes tažné oko k podlaze pomocí stahovacích kurtů, čímž se zabezpečil proti vyjetí z válců.

Před měřený automobil byl nainstalován ventilátor, který se zapíná při měření, aby nedocházelo k přehřívání motoru a byl zajištěn přísun vzduchu k motoru.

V dalším kroku se k výfuku připevnil odvod výfukových spalin a spustilo se odsávání. Následně proběhla instalace pomocných prvků potřebných k měření otáček motoru. K tomu potřebujeme připevnit snímač otáček, který je v provedení jako čidlo klepání a připevní se na víko motoru, pomocí integrovaného magnetu. Čidlo klepání přenáší impulzy do modulu

rozhraní a nadále jsou impulzy snímány klešťovým měřákem. Následně se uvede do provozu komunikační pult do kterého se zadávají data skrz klávesnici a pult s námi komunikuje přes barevný monitor. Do programu se následně zadají vypočtené hodnoty jízdních odporů uvedené v tabulce číslo 4-2 . Tyto jízdní odpory jsou simulovány dynamometrem, umístěným na konci válců, skrz který simulují měřené prostředí. Simuluje se odpor vzduchu a odpor valení.

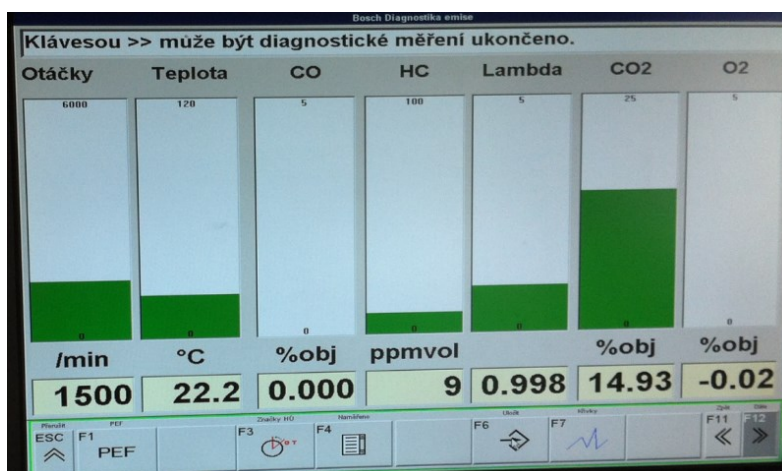
Pro získání potřebných dat k měření musíme zapojit stanici pro měření emisí od výrobce BOSCH typ BEA 250 – CH. Zařízení potřebné k měření otáček snímající impulzy z baterie, předává impulzy do Modulu měřících veličin, který po nastavení počtu válců motoru přepočítává otáčky motoru v jednotkách otáčka za minutu. Svorky jsou připojeny k pólům autobaterie. Dalším důležitým prvkem je sonda, která se umísťuje do koncovky výfukového potrubí. Před umístěním se musí nejdříve překalibrovat, aby se zbavila zbytkových částic. Tato kalibrace probíhá automaticky, při každém startu měření. Sonda umístěna ve výfukovém potrubí přenáší spaliny pomocí gumové hadičky na které je umístěn filtr. Spaliny putují do modulu emisního analyzátoru, ve kterém probíhá samotné měření. Princip tohoto měření, je popsáno v kapitole 3.3. Data z modulu emisního analyzátoru jsou dále vyhodnocována v programu firmy BOSCH Emisní systémová analýza ve verzi 2.40-CZ

Při startu tohoto programu musíme nakonfigurovat měřený automobil. Zadává se typ automobilu, rok výroby, verze motoru. Dále přejdeme z menu měření do nabídky měření výfukových plynů. Při vstupu do tohoto měření probíhá již zmíněná kalibrace a můžeme přistoupit k samostatnému měření.

### 3.4.6 Samotné měření

Na upevněném, zahřátém a nastartovaném automobilu provedeme kontrolu, zda všechny snímače fungují správně a zda ukazují správné hodnoty.

Následně začínáme s měřením. Ve vozidle sedí řidič a a druhý člověk venku zapisuje a ukládá naměřené hodnoty.



Obrázek 3-24 Záznam měření emisí

Nejprve uložíme tři hodnoty na volnoběh. Poté se na valcích přidá přes komunikační zařízení odpor pro danou rychlost na kterou vozidlo rozjedeme. Po dosažení požadované rychlosti a ustálení emisí (přibližně na hodnotě  $\lambda=1$ ) se zapiší naměřené hodnoty a automobil se uvede do klidu. Toto měření jsme opakovali pro každou rychlost 3x. Rozsah rychlostí byl od 10km/h do 110km/h. Hodnota zařazených převodových stupňů pro danou rychlost je uvedena v tabulce 4-3.

Měření probíhalo stejnou metodikou pro všechna 4 měřená paliva. Tyto paliva jsou: Natural 95, Benzina Verva 100, Ethanol E85 a LPG. Při přechodu na jiné palivo se předchozí palivo odstranilo, pomocí hadice a nádoby se přečerpal zbytek paliva z nádrže a zbytek paliva, který už nešlo nasát zůstal v nádrži. Z nádrže automobilu se zbytkové palivo odstranilo jízdou a následným ponecháním automobilu se zapnutým motorem. Motor jel až do doby než došlo palivo a motor zhasnul. Následně se nalil jiný druh paliva, motor se nechal chvíli běžet naprázdno, aby se spálily zbytky předchozího paliva. Takto se postupovalo u tří paliv, u LPG se pouze přepnulo z benzínu na LPG a nechaly se vypláchnout válce.



Obrázek 3-25 Vyčerpávání paliva z nádrže



Obrázek 3-26 Záznam dat měření

### 3.4.7 Vyhodnocení naměřených dat

Naměřená oxidu uhličitého  $CO_2$  resp. dalších složek emisí kyslík  $O_2$ , zbytkové uhlovodíky  $HC$  a oxid uhelnatý  $CO$  jsou podkladem pro statistické vyhodnocení. Vyhodnocení těchto dat spočívá ve vyjádření nejistoty měření. Nejistota měření je parametr přiřazený k výsledku měření, charakterizující rozptyl hodnot, které lze důvodně přiřazovat k měřené veličině. Jedná se o parametr charakterizující rozptyl hodnot okolo výsledné naměřené hodnoty, v němž s jistou pravděpodobností je hodnota pravá. Standardní nejistotou se označuje nejistota daná směrodatnou odchylkou veličiny, pro niž je nejistota udávána. Nejistoty měření obsahují obvykle řadu složek vyplývajících z různých zdrojů nejistot. Vyjádření přesnosti měření nejistotou měření předpokládá, že byly nejprve vyloučeny hrubé chyby a chyby systematické. Můžeme tedy říci, že byly vyloučeny odstranitelné systematické jevy. [3]

Nejistoty měření se podle způsobu vyhodnocení dělí do skupin [3]:

- standardní nejistota typu A označovaná symbolem  $u_A$
- standardní nejistota typu B označovaná symbolem  $u_B$
- kombinovaná standardní nejistota označovaná symbolem  $u_C$

#### 3.4.7.1 Standardní nejistota typu A

Stanovíme ji statistickým zpracováním naměřených hodnot. Nejprve se opakovaným měřením oxidu uhličitého  $CO_2$  resp. dalších složek emisí kyslík  $O_2$ , zbytkové uhlovodíky  $HC$  a oxid uhelnatý  $CO$  a výpočtem aritmetického průměru stanoví odhad hodnoty  $\overline{CO_2}$  resp.  $\overline{O_2}$ ,  $\overline{HC}$ ,  $\overline{CO}$ . Aritmetický průměr oxidu uhličitého  $CO_2$  resp. dalších složek emisí kyslík  $O_2$ , zbytkové uhlovodíky  $HC$  a oxid uhelnatý  $CO$  pro  $n$  měření je dán vztahy [3]:

$$\overline{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^n CO_{2i}}{n} [\%obj]$$

(6) [4]

$\overline{CO_2}$

aritmetický průměr oxidu uhličitého  $CO_2$  [% obj]

$CO_{2i}$  i-tá naměřená oxidu uhličitého  $CO_2$  [% obj]

$n$  počet měření (v našem případě  $n = 3$ ) [-]

Standardní nejistota typu A  $u_A(CO_2)$  k odhadu  $\overline{CO_2}$ , resp.  $u_A(O_2)$  k odhadu  $\overline{O_2}$ ,  $u_A(HC)$  k odhadu  $\overline{HC}$  a  $u_A(CO)$  k odhadu  $\overline{CO}$ . je pak dána výběrovou směrodatnou odchylkou aritmetického průměru podle vztahu :

$$u_A(CO_2) = \sigma(\overline{CO_2}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (CO_{2i} - \overline{CO_2})^2}{(n-1)}} [\%obj.]$$

(7) [4]

$u_A(CO_2)$  standardní nejistota typu A [%obj.]

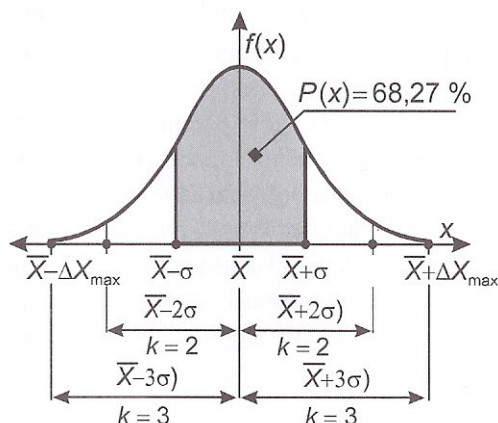
$\sigma(\overline{CO_2})$  rozptyl aritmetického průměru [%obj.]

$\overline{CO_2}$  aritmetický oxidu uhličitého  $CO_2$  [%obj.]

$CO_{2i}$  i-tá naměřená hodnota oxidu uhličitého  $CO_2$  [% obj]

$n$  počet měření (v našem případě  $n = 3$ ) [-]

Statistické rozdělení odchylek od výběrového průměru, tj. rozptyl hodnot, odpovídá rozdělení normálnímu (Gaussovu).



**Obrázek 3-27 Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti [3]**

Pro vyhodnocení dat jsem volil součinitel  $k = 1$ , tedy pravděpodobnost, že odchylka od aritmetického průměru  $\overline{CO_2}$  resp.  $\overline{O_2}$ ,  $\overline{HC}$ ,  $\overline{CO}$  nabude hodnoty v intervalu  $\langle +\sigma, -\sigma \rangle$ , nebo-li pro interval  $\overline{CO_2} \pm \sigma$ , resp.  $\overline{O_2} \pm \sigma$ ,  $\overline{HC} \pm \sigma$ ,  $\overline{CO} \pm \sigma$  plocha vymezuje pravděpodobnost 68,27%.

Pro výpočet dolní a horní odchylky pak budou platit vztahy:

$$\text{dolní odchylka} = \overline{CO_2} - u_A(CO_2) \quad [\% \text{ obj.}]$$

$$\text{horní odchylka} = \overline{CO_2} + u_A(CO_2) \quad [\% \text{ obj.}]$$

dolní odchylka [% obj.]	dolní odchylka od aritmetického průměru oxidu uhličitého $CO_2$
horní odchylka [% obj.]	horní odchylka od aritmetického průměru oxidu uhličitého $CO_2$
$\overline{CO_2}$	aritmetický průměr oxidu uhličitého $CO_2$ [%obj.]
$u_A(CO_2)$	standardní nejistota typu A [%obj.]

## Standardní nejistota typu B

Jedná se o nejistotu přístroje, která je daná nejistotou výsledku přímého měření veličiny mající zanedbatelnou základní nejistotu. Základní nejistota měřené veličiny je nejmenší nejistota, která může být udána při popisu měřené veličiny. [3]

Třída přesnosti přístroje je kategorie měřících přístrojů splňujících soubor specifikací týkajících se nejistoty. Třída nejistoty vždy specifikuje mezní hodnotu nejistoty přístroje za specifikovaných podmínek. Standardní nejistota typu B je dána vztahem:

$$u_B(CO_2) = \frac{TP}{100} M \frac{1}{\sqrt{3}} [\%obj.] \quad (8)[4]$$

$u_B(CO_2)$	standardní nejistota typu B [kW]
TP	třída přesnosti (v našem případě 0,1 %, tedy TP = 1) [-]
M	největší hodnota měřicího rozsahu (v našem případě M = 18 ) [% obj]

**Kombinovaná standardní nejistota** – skládá se z obou základních typů nejistot A a B a je dána vztahem:

$$u_c(CO) = \sqrt{u_A^2(CO_2) + u_B^2(CO)} [\%obj.] \quad (8)$$

$u_C(CO_2)$	kombinovaná standardní nejistota [% obj]
$u_A(CO_2)$	standardní nejistota typu A [% obj]
$u_B(CO_2)$	standardní nejistota typu B [% obj]



Kombinovaná standardní nejistota nám udává, v jakém rozptylu od aritmetického průměru výkonu motoru se naměřená data nacházejí. Dolní a horní mez těchto intervalů lze spočítat dle vztahů:

$$DMI = \overline{CO_2} - \frac{u_c(CO_2)}{2} [\%obj.]$$

(9)

$$HMI = \overline{CO_2} + \frac{u_c(CO_2)}{2} [\%obj.]$$

(9)

DMI	dolní mez intervalu oxidu uhličitého $CO_2$ [% obj.]
HMI	horní mez intervalu oxidu uhličitého $CO_2$ [% obj.]
$\overline{CO_2}$	aritmetický průměr oxidu uhličitého $CO_2$ [%obj.]
$u_c(CO_2)$	kombinovaná standardní nejistota [%obj.]

Takto se postupuje u všech čtyř měřených složek.

Pro výpočet nejistoty typu B jsou v tabulce uvedeny hodnoty maximálního rozsahu měřicího přístroje. [4]

Složka	Měřicí rozsah
CO	0-10,00 [% obj.]
CO <sub>2</sub>	0-18,00 [% obj.]
HC	0-9999 [ppm]
O <sub>2</sub>	0-22,00 [% obj.]

Tabulka 3-6 Rozsah měření BEA [4]

## 4 Vyhodnocení experimentu

Tato kapitola se věnuje výpočtu jednotlivých hodnot. Počítají se hodnoty dosazované do válcové zkušebny. Tyto hodnoty simulují venkovní odpory při jízdě. Dále se statisticky vyhodnocují naměřená data a sestavují grafy.

### 4.1 Výpočet zadávaných hodnot

Tyto hodnoty byly vypočteny za pomoci vzorců uvedených v kapitole 3.4

<b>Hustota vzduchu</b>	<b>Ro</b>	<b>1,25</b>
<b>Odpor valení</b>	<b>f</b>	<b>0,012</b>
<b>Čelní plocha</b>	<b>Sx</b>	<b>2,56</b>
<b>Koeficient proudění</b>	<b>Cx</b>	<b>0,38</b>
<b>Gravitační konstanta</b>	<b>g</b>	<b>9,81</b>
<b>Hmotnost automobilu</b>	<b>m</b>	<b>1156</b>

**Tabulka 4-1** Hodnoty pro výpočet odporů

Pomocí dosazení do vzorce 4 jsme dosáhli těchto výsledků. Tyto hodnoty sil se dosazují skrz komunikační pult NAHA . Sílu kterou jsme dosadili vytváří vířivá brzda, aby nasimulovala odpor vzduchu a odpor valení.

Rychlost v			
<b>F [N]</b>	<b>P [kW]</b>	<b>v [km/h]</b>	<b>v [m/s]</b>
<b>140,78</b>	0,39	10	2,78
<b>154,85</b>	0,86	20	5,56
<b>178,31</b>	1,49	30	8,33
<b>211,15</b>	2,35	40	11,11
<b>253,37</b>	3,52	50	13,89
<b>304,97</b>	5,08	60	16,67
<b>365,96</b>	7,12	70	19,44
<b>436,33</b>	9,70	80	22,22
<b>516,08</b>	12,90	90	25,00
<b>605,22</b>	16,81	100	27,78
<b>703,74</b>	21,50	110	30,56

**Tabulka 4-2** Síly dosazované válcové zkušebně MAHA

## 4.2 Průměrné otáčky motoru a zařazená rychlost

Pro vytvoření osy  $X$  v grafech bylo potřeba určit otáčky. Tyto otáčky byly vytvořeny pomocí funkce MEDIAN ze všech skupin měření. Dále je v tabulce uveden rychlostní stupeň, na který se zadaná rychlost testovala.

Rychlost [km/h]	0	10	20	30	50	70	90	110
Zařazený rychlostní stupeň	N	1	2	3	4	5	5	4
Otáčky motoru [1/min]	770	1410	1440	1480	1890	2070	2735	4255

**Tabulka 4-3 Rychlostí, zařazeného rychlostního stupně a otáček motoru.**

## 4.3 Zpracování naměřených dat

Tabulky z celkovými naměřenými hodnotami jsou uvedeny v přílohách. K posouzení jednotlivých emisí jsou uvedeny dílčí tabulky z jednotlivých měření. Vyhodnocení experimentu probíhalo následovně.

Pomocí statistických metod, byla určena střední hodnota, (pomocí statistické funkce průměru a také byl určen medián) z naměřených hodnot. U jednotlivého druhu paliva a jednotlivých rychlostí. U každé měřené složky emisí, jsou vyhodnoceny a popsány tři grafy. V některých případech je věrohodnější statistická funkce průměru a v některých je to medián.

Medián je prostřední číslo ve skupině čísel, kdy má polovina čísel hodnotu vyšší než medián a polovina čísel hodnotu nižší než medián. Například medián čísel. Tato funkce byla určena v programu Excel přednastavenou funkcí MEDIA

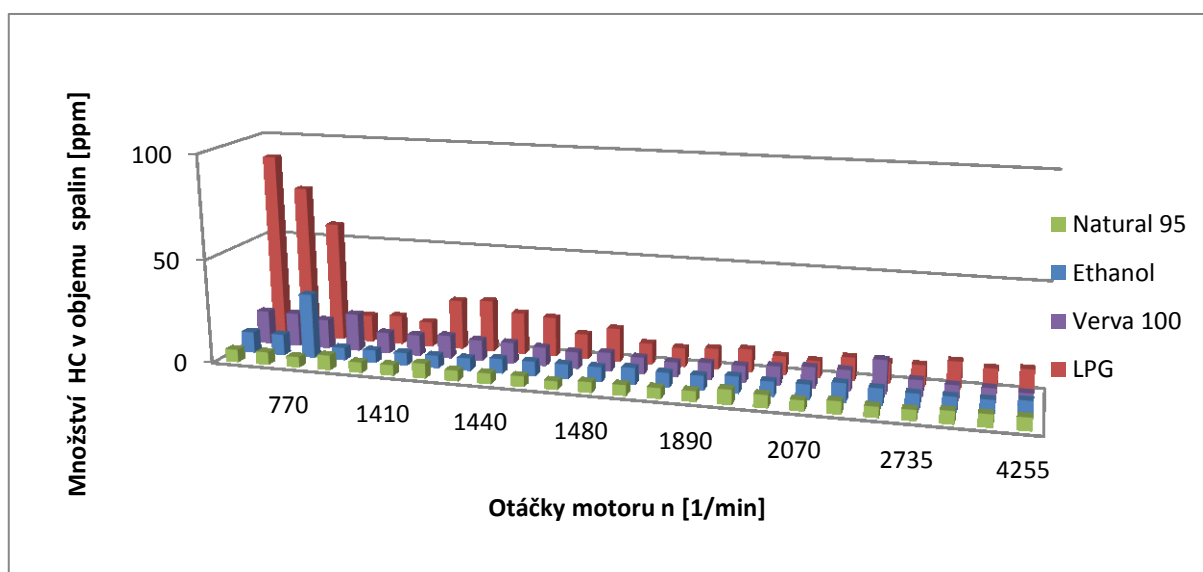
Po zpracování dat z tabulky a vytvoření názorného grafu. U každé emise jsem vyhledal z průměrných hodnot MAXIMÁLNÍ a MINIMÁLNÍ emise. Z těchto dvou extrémů bylo vypočteno o jakou procentuální hodnotu se extrémy navzájem odlišují. Nad každým extrémem je popis u kterého paliva byl určen.

#### 4.4 Posouzení hodnot HC (nespálené uhlovodíky)

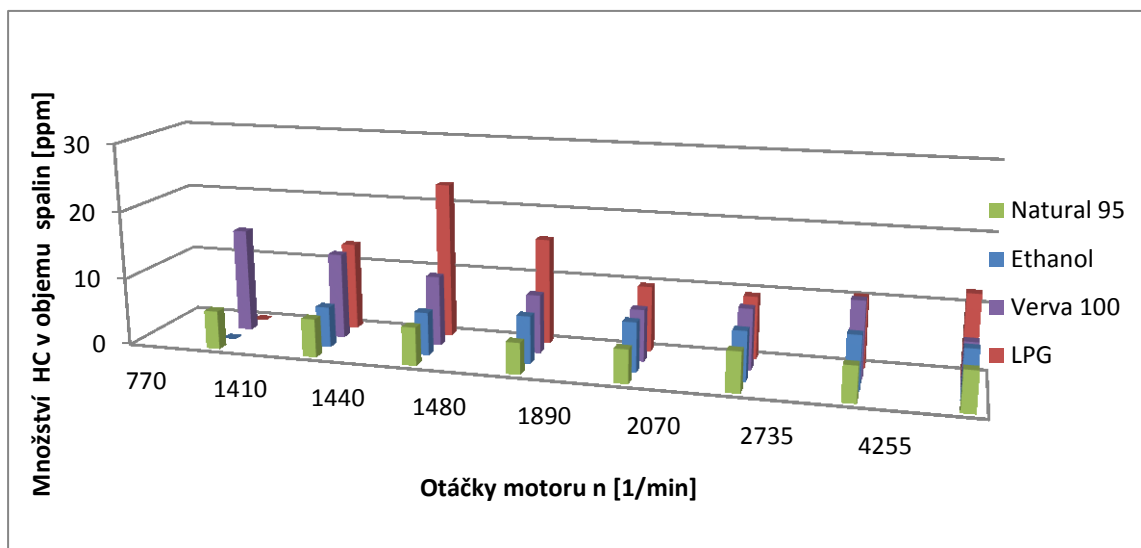
HC	Ethanol		LPG		Natural 95		Verva 100	
	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián
1	17,00	10,000	74,30	75,000	5,67	6,000	15,33	16,000
2	6,00	6,000	13,00	13,000	5,67	5,000	12,67	10,000
3	6,33	6,000	23,00	24,000	5,67	5,000	10,33	10,000
4	7,00	7,000	15,67	16,000	4,67	5,000	8,67	9,000
5	7,33	7,000	9,67	10,000	5,00	5,000	7,67	8,000
6	7,33	7,000	9,33	9,000	6,00	6,000	9,00	9,000
7	8,00	8,000	10,33	10,000	5,33	5,000	11,33	10,000
8	7,33	7,000	12,00	12,000	6,00	6,000	6,67	7,000

**Tabulka 4-4 Hodnoty HC**

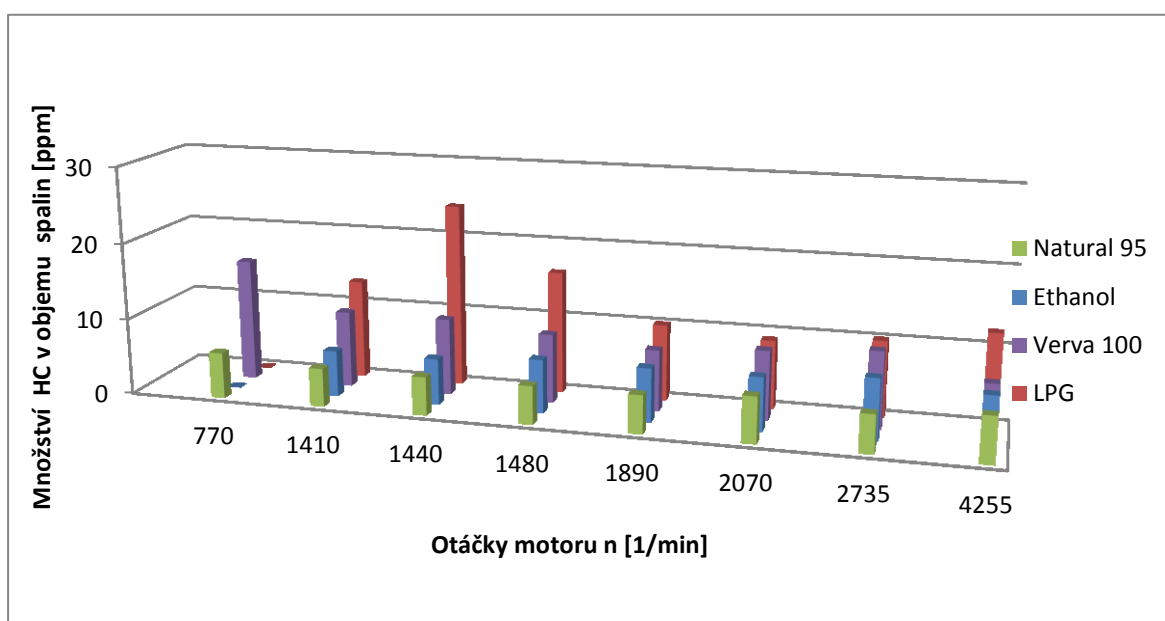
V tabulce 4-4 jsou uvedeny naměřené hodnoty k jednotlivým palivům. Tato tabulka zachycuje průměrné hodnoty a hodnoty medianu k emisi nespáleného uhlovodíku.



**Obrázek 4-1 Graf hodnot HC (VŠECHNA DATA)**



**Obrázek 4-2 Graf hodnot HC (PRŮMĚR)**



**Obrázek 4-3 Graf hodnot HC (MEDIAN)**

Vidíme tři grafy, na grafu číslo 4-1 jsou znázorněna první tři odlehlá měření u paliva LPG.

Po dosazení do vzorce 6 vypočtení průměru naměřených hodnot byl vytvořen graf 4-2. Z grafu lze vyčíst, že LPG obsahuje nejvíce složek HC a nejlépe dopadnul Natural 95. Pro lepší názornost je přiložen graf hodnot vyhledaný pomocí statistické funkce MEDIÁN.

Emise			
HC	Max	Min	%
1	LPG	Natural 95	
	74,300	5,667	92,37
2	LPG	Natural 95	
	13,00	5,67	56,41
3	LPG	Natural 95	
	23,00	5,67	75,36
4	LPG	Natural 95	
	15,67	4,67	70,21
5	LPG	Natural 95	
	9,67	5,00	48,28
6	LPG	Natural 95	
	9,33	6,00	35,71
7	LPG	Natural 95	
	11,33	5,33	52,94
8	LPG	Natural 95	
	12,00	6,00	50,00

**Tabulka 4-5 Výsledné hodnoty HC**

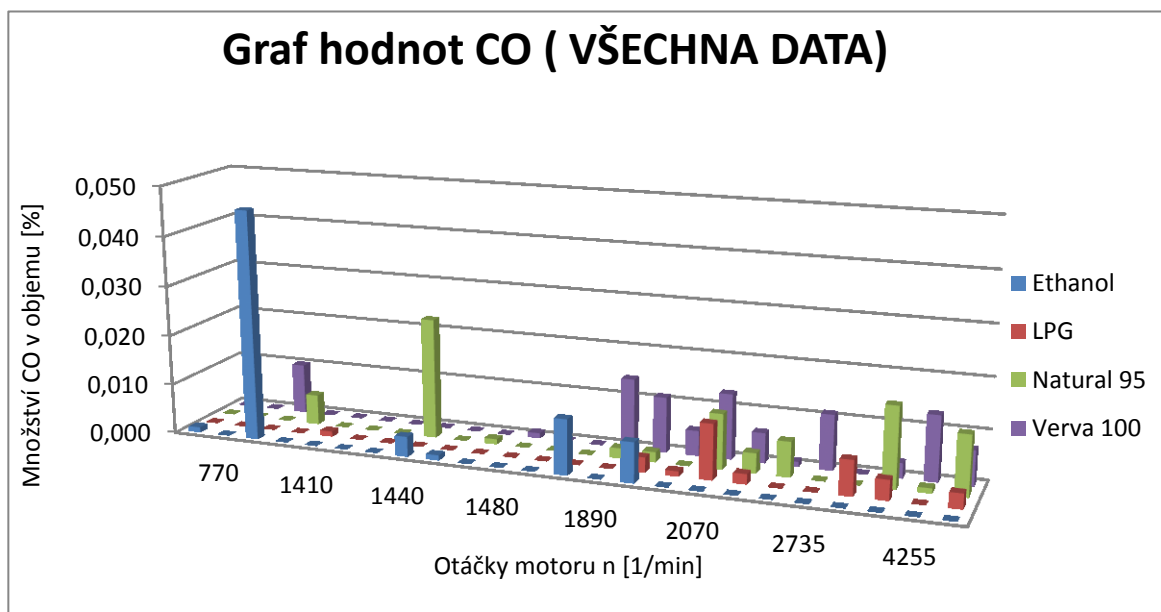
V tabulce výsledných hodnot je zobrazena maximální hodnota HC, u kterého palivy se vyskytla taktéž minimální hodnota, u kterého paliva se vyskytla. Z hodnot a minima a maxima bylo vypočteno trojčlenkou procentuální odchylka.

#### 4.5 Posouzení hodnot CO (oxid uhelnatý)

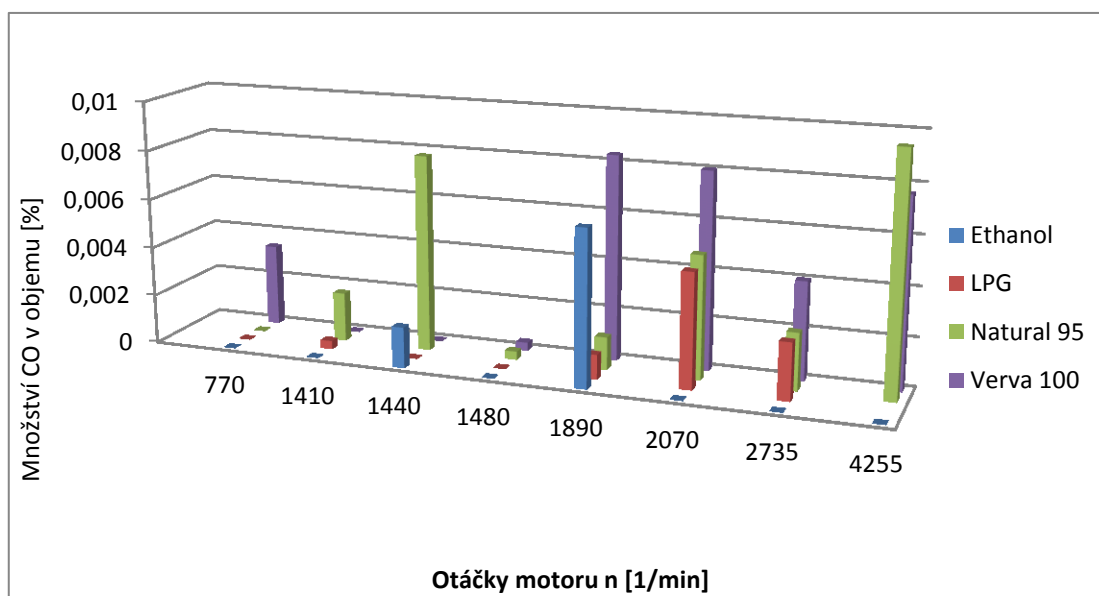
	Ethanol	LPG		Natura 95	Verva 100		Ethanol	LPG
CO	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián
1	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
3	0,002	0,001	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,006	0,008	0,001	0,000	0,001	0,002	0,008	0,011
6	0,000	0,000	0,005	0,002	0,005	0,004	0,008	0,006
7	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,004	0,001
8	0,000	0,000	0,002	0,003	0,010	0,012	0,008	0,007

**Tabulka 4-6 Hodnoty CO**

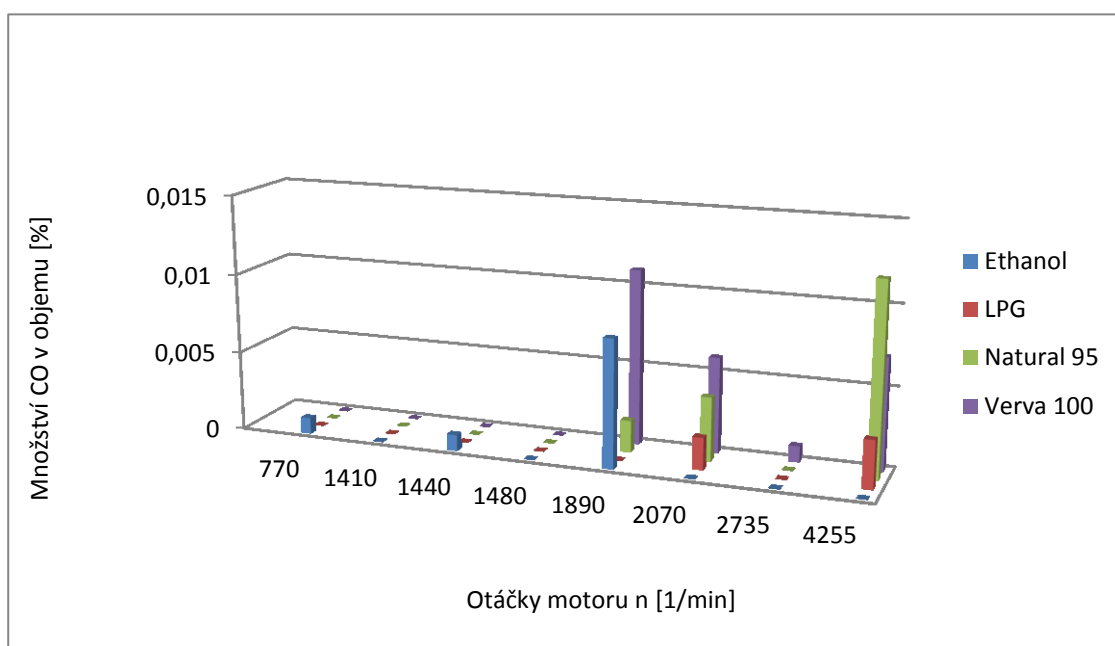
V tabulce 4-6 jsou uvedeny naměřené hodnoty k jednotlivým palivům. Tato tabulka zachycuje průměrné hodnoty a hodnoty medianu k emisi oxidu uhelnatého. U těchto hodnot se nenacházejí žádné odlehle měření.



**Obrázek 4-4 Graf hodnot CO (VŠECHNA DATA)**



**Obrázek 4-5 Graf hodnot CO (PRŮMĚR)**



**Obrázek 4-6 Graf hodnot CO (MEDIAN)**

V tomto případě je nejnázornější graf 4-4 zobrazující všechny naměřené data. Oxid uhelnatý vykazuje minimální i nulové hodnoty u LPG a ethanolu. Nejvyšší hodnoty byli naměřeny u paliva Verva 100 .



Emise			
CO	Max	Min	%
1	Verva 100	Elthanol	
	0,003	0,000	100
2	Verva 100	LPG	
	0,002	0,000	100,00
3	Natural 95	LPG	
	0,008	0,000	100,00
4	Verva 100	LPG	
	0,000	0,000	0,00
5	Verva 100	LPG	
	0,008	0,001	88,00
6	Verva 100	Elthanol	
	0,008	0,000	100,00
7	Verva 100	Elthanol	
	0,004	0,000	100,00
8	Natural 95	Elthanol	
	0,010	0,000	100,00

**Tabulka 4-7 Výsledné hodnoty CO**

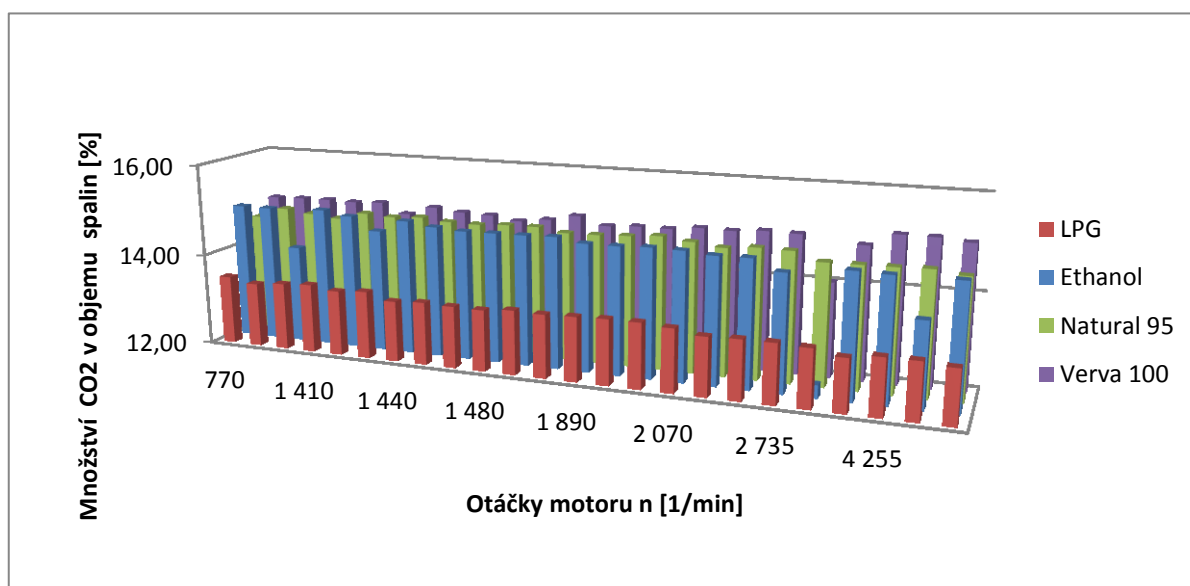
Výsledné procentuální hodnoty jsou velice skreslené a to z důvodu naměření nulových hodnot. Měřený obsah oxidu uhelnatého je minimální, i tak se ale dá z grafu vyčíst palivo které má nejvyšší hodnoty. Je to palivo Verva 100 a maximální hodnoty jsou naměřeny v 6 z 8 měření.

#### 4.6 Posouzení hodnot CO<sub>2</sub> (Oxid uhličitý)

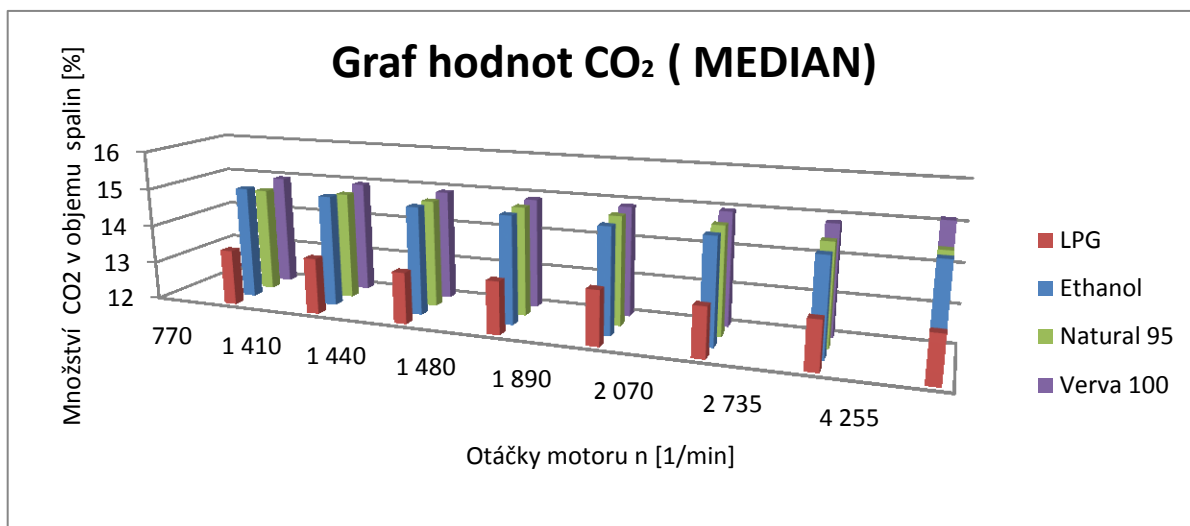
	Ethanol		LPG		Natural 95		Verva 100	
CO <sub>2</sub>	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián
1	14,11	14,960	13,45	13,450	14,75	14,750	14,95	14,940
2	14,64	14,920	13,46	13,460	14,82	14,820	14,76	14,940
3	14,79	14,830	13,33	13,330	14,80	14,810	14,87	14,890
4	14,83	14,810	13,36	13,360	14,77	14,840	15,00	14,870
5	14,77	14,740	13,40	13,400	14,86	14,810	14,87	14,870
6	14,72	14,720	13,27	13,270	14,78	14,780	14,98	14,940
7	14,64	14,490	13,12	13,240	14,60	14,600	14,84	14,840
8	14,63	14,620	13,15	13,210	14,55	14,610	15,05	15,110

**Tabulka 4-8 Hodnoty CO<sub>2</sub>**

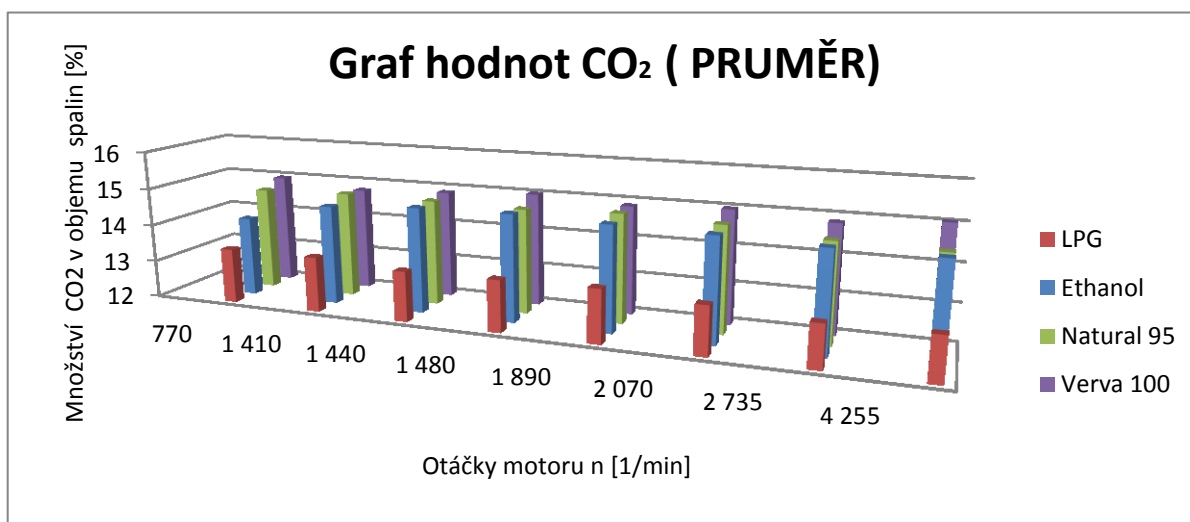
V tabulce 4-8 jsou uvedeny naměřené hodnoty k jednotlivým palivům. Tato tabulka zachycuje průměrné hodnoty a hodnoty medianu k emisi oxidu uhličitého. U těchto hodnot se nenacházejí žádné odlehlé měření pouze můžeme pozorovat propad u ethanolu při 2735 [1/min]. Může to být způsobeno chybou přístroje.



**Obrázek 4-7 Graf hodnot CO<sub>2</sub> ( VŠECHNA DATA)**



Obrázek 4-8 Graf hodnot CO<sub>2</sub> (MEDIAN)



Obrázek 4-9 Graf hodnot CO<sub>2</sub> (PRŮMĚR)

V případě množství objemu spalin u oxidu uhličitého jsou patrné nejnižší hodnoty u paliva LPG, může to být způsobeno složením paliva, protože jak se podíváme na zbylé tři kapalné paliva, vidíme znatelný úbytek emisí oxidu uhličitého.

Emise			
CO2	Max	Min	%
1	Verva 100	LPG	
	14,950	13,450	10,03
2	Natural 95	LPG	
	14,82	13,46	9,18
3	Verva 100	LPG	
	14,87	13,33	10,36
4	Verva 100	LPG	
	15,00	13,36	10,93
5	Verva 100	LPG	
	14,87	13,40	9,89
6	Verva 100	LPG	
	14,98	13,27	11,42
7	Verva 100	LPG	
	14,84	13,12	11,59
8	Verva 100	LPG	
	15,05	13,15	12,62

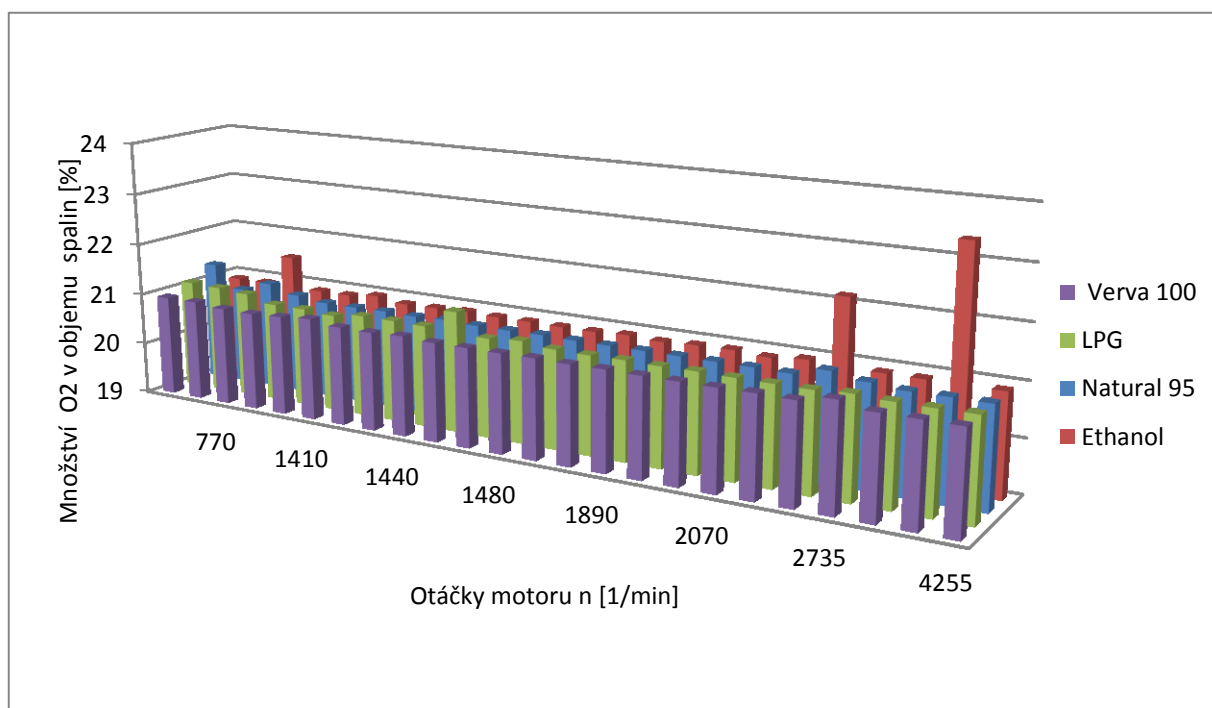
**Tabulka 4-9 Výsledné hodnoty CO<sub>2</sub>**

Výsledné hodnoty nám ukazují nejvyšší naměřené hodnoty u paliva Verva 100 a nejnižší u LPG.

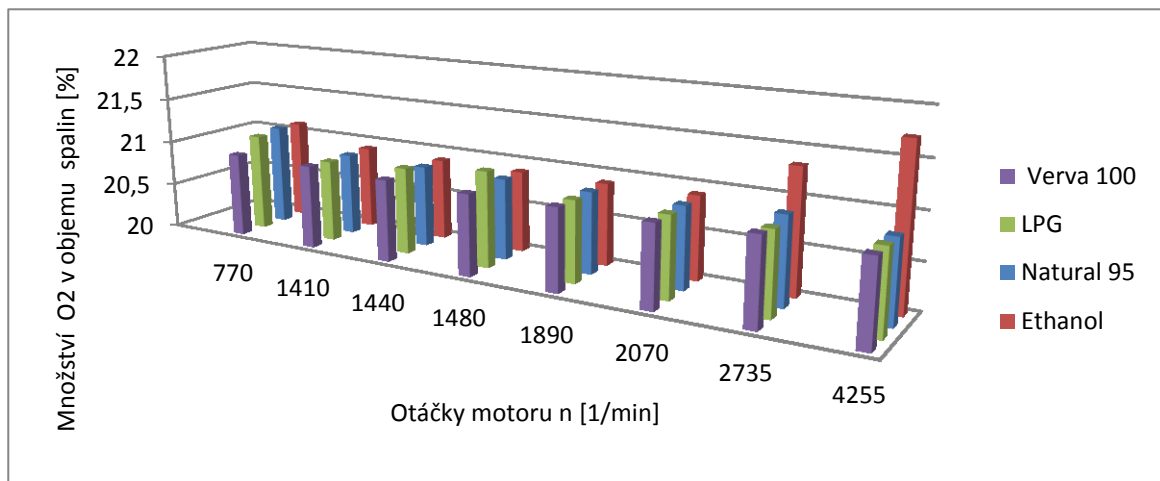
## 4.7 Posouzení hodnot O<sub>2</sub> (Kyslíku)

	Ethanol		LPG		Natural 95		Verva 100	
O <sub>2</sub>	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián
1	21,100	20,900	21,073	21,080	21,110	21,100	20,923	20,940
2	20,913	20,890	20,897	20,910	20,903	20,880	20,917	20,910
3	20,893	20,890	20,947	20,950	20,890	20,890	20,893	20,890
4	20,887	20,890	21,043	20,940	20,883	20,880	20,880	20,880
5	20,890	20,880	20,877	20,880	20,880	20,880	20,887	20,890
6	20,903	20,910	20,873	20,870	20,880	20,880	20,880	20,880
7	21,330	20,940	20,883	20,870	20,937	20,920	20,923	20,890
8	21,717	20,900	20,883	20,880	20,877	20,880	20,890	20,890

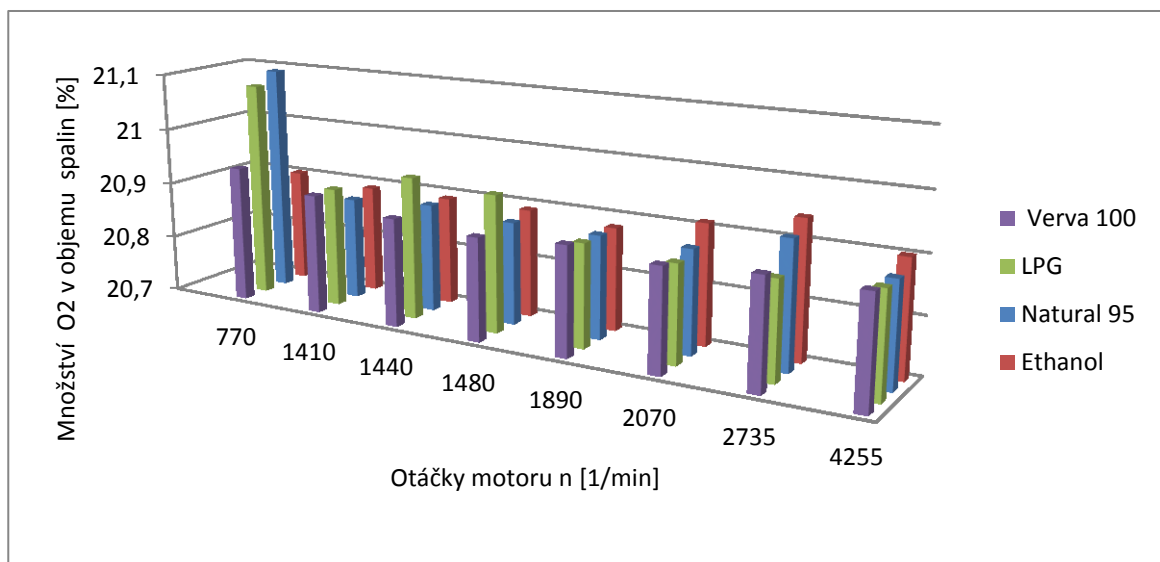
Tabulka 4-10 Hodnoty O<sub>2</sub>



Obrázek 4-10 Graf hodnot O<sub>2</sub> (VŠECHNA MĚŘENÍ)



**Obrázek 4-11 Graf hodnot O<sub>2</sub> (PRŮMĚR)**



**Obrázek 4-12 Graf hodnot O<sub>2</sub> (MEDIÁN)**

U hodnot kyslíku v podstatě není co řešit, vidíme že všechny výsledky měření nabývají stejných hodnot. Jediné dvě hodnoty u ethanolu vybočují ze všech měření a to bylo způsobenou menší chybou měření, kdy se nevyčkalo ustálení hodnot a byla bohatá směs. Lambda při těchto dvou výkyvech byla okolo  $\lambda=1,1$ .

Emise			
O2	Max	Min	%
1	Natural 95	Verva 100	
	21,110	20,923	0,884257
2	Verva 100	LPG	
	20,917	20,897	0,10
3	LPG	Natural 95	
	20,947	20,890	0,27
4	LPG	Verva 100	
	21,043	20,880	0,78
5	Elthanol	LPG	
	20,890	20,877	0,06
6	Elthanol	LPG	
	20,903	20,873	0,14
7	Elthanol	LPG	
	21,330	20,883	2,09
8	Elthanol	Natural 95	
	21,717	20,877	3,87

**Tabulka 4-11**

Z výsledku tohoto měření můžeme vyčíst akorát to, že u všech použitých paliv je hodnota kyslíku ve výfukových plynech přibližně stejná.

## 5 Zhodnocení a doporučení

Tato předposlední kapitola je věnována interpretaci a zhodnocení výsledků a doporučení jak snížit škodlivé složky vypouštěné do ovzduší.

### 5.1 Zhodnocení měření emisí HC

Nespálené uhlovodíky HC, tato složka emisí patří do kategorie škodlivých emisí, jsou karcinogenní a proto je třeba klást velký důraz na jejich snižování. Z výsledku měření vyplývá, že LPG má tyto hodnoty nejvyšší a to výrazně oproti ostatním palivům při cca 1500ot/min, naopak Natural 95 má hodnoty HC nejnižší. Může to být způsobeno vlastním složením paliva nebo také vyšší spotřebou LPG při stejném zatížení motoru oproti benzínu.

Ve výsledném grafu srovnáváme naměřené hodnoty zbytkových uhlovodíků HC. Při zpracování byla vyřazena první hodnota jako odloučené měření, protože zkreslovala celý průběh. Jak je patrné nejvyšší hodnoty jsou dosaženy u LPG a nejnižší u Naturalu 95. K dosažení nižších hodnot uhlovodíků by bylo třeba přenastavit hodnotu na  $\lambda = 1,1$ , což není v našem případě dosaženo, jelikož námi měřený motor při ustáleném měření, pracuje s hodnotou  $\lambda = 1$ .

### 5.2 Zhodnocení měření emisí CO (Oxid uhelnatý)

Výsledné hodnoty v procentech jsou velice skreslené a to z důvodu naměření nulových hodnot. Měřený obsah oxidu uhelnatého je minimální, i přesto se ale dá z grafu vyčíst, které palivo má nejvyšší hodnoty. Nejvyšší hodnoty nám vyšly u paliva Verva 100 a to konkrétně u 6 z 8 měření.

### 5.3 Zhodnocení měření emisí CO<sub>2</sub> (Oxid uhličitý)

Z výsledků nám vyplynulo, že nejvyšší naměřené hodnoty oxidu uhličitého jsou u paliva Verva 100 a nejnižší u LPG. Celkově byly tyto hodnoty u paliv Ethanol, Verva 100 a Natural 95 přibližně shodné.



## 5.4 Zhodnocení měření emisí $O_2$ (Kyslík)

Kyslík vykazoval u všech měření takřka stejné hodnoty, pouze u 2 měření vykazovaly hodnoty změnu v řádu procent, to bylo způsobeno špatným naměřením hodnot, protože lambda vykazovala hodnoty okolo  $\lambda=1,1$

U hodnot kyslíku v podstatě nemáme co hodnotit, vidíme, že všechny výsledky měření nabývají stejných hodnot. Jediné dvě hodnoty u ethanolu vybočují ze všech měření, to bylo způsobeno drobnou chybou měření, kdy se nevyčkalo na ustálení hodnot a směs byla příliš bohatá. Hodnota lambda při těchto dvou výkyvech byla okolo  $\lambda=1,1$ .

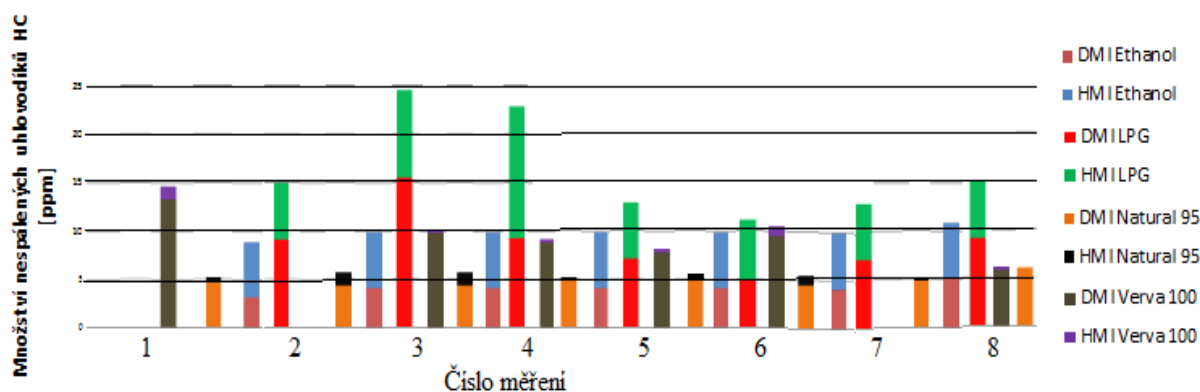
## 5.5 Tabulka pro výsledků pro rychlosti 50 km/h a 90 km/h

Emise	Rychlost	Palivo	Palivo	Rozdíl [%]
	Rychlost	Maximum [	Minimum	
HC	50	LPG	Natural 95	
		15,67	4,67	70,21
	90	LPG	Natural 95	
		11,33	5,33	52,94
CO	50	Verva 100	LPG	
		0	0	0
	90	Verva 100	Elthanol	
		0,004	0	100
CO <sub>2</sub>	50	Verva 100	LPG	
		15 [ppm]	13,36 [ppm]	10,93
	90	Verva 100	LPG	
		14,84	13,12	11,59
O <sub>2</sub>	50	LPG	Verva 100	
		21,043	20,88	0,78
	90	Elthanol	LPG	
		21,33	20,883	2,09

Tato demonstrativní tabulka ukazuje pro dvě zvolené rychlosti 50 km/h a 90 km/h. Tyto rychlosti byly zvoleny schválně, z důvodu předpokládané ustálené jízdy při rychlostních limitech.

## 5.6 Vyhodnocení nejistot měření

Pomocí vzorců uvedených v kapitole 3.4.7 byly spočteny nejistoty měření. Tyto nejistoty jsou uvedeny v příloze a data měření uloženy na CD. Při měření musíme započítávat chybu lidského faktoru, což bereme jako odlehlé měření, dále chybu měření a chybu přístroje. V sestaveném grafu vidíme, že některé složky se překrývají, proto nemůžeme brát v potaz jejich odchylku, nicméně některé složky. V grafu jsou uvedeny mezní intervaly a dolní mezní intervaly. Hodnoty, u kterých se překrývají intervaly mezi jednotlivými mezemi nemůžeme brát v potaz. To že se překrývají znamená, že naměřená hodnota mohla být stejná jako hodnota druhého měření.



Obrázek 5-1 Graf znázorňující nejistoty nespálených uhlovodíků

## 5.7 Doporučení

Při měření se vyskytovaly nejvyšší hodnoty všech emisí při zrychlování. Pro snížení těchto emisí spojených z velkou akcelerací bych doporučil , plynulý a vyrovnaný styl jízdy.

Dalším doporučením by bylo, aby se zpřísnily kontroly na emisních stanicích, staré vozy bez katalyzátoru, vozy s odstraněným katalyzátorem, a vozy s nefunkční lambda sondou, nebyly dále způsobilé provozu na pozemních komunikacích.

## 6 Závěr

V dnešní době, kdy životní prostředí je značným způsobem ovlivněno člověkem, je kladen důraz na to, aby vyráběná vozidla byla takzvaně „zelena-ekologická“, čili šetrnější k životnímu prostředí. Do popředí se dostává neustálé snižování emisních norem EURO a emisních limitů.

Cena pořizovaných automobilů by měla být opravdu až na druhém místě. Život bez automobilové dopravy si už stěží někdo dokáže představit a je to pro současnou společnost takřka nemožné. Je tedy nutné investovat čas a peníze proto, aby emise z motorů byly co nejmenší a tím pádem kvalita našeho ovzduší co nejlepší.

Z výsledků diplomové práce můžeme usoudit, že v tomto případě není ani vítězů ani poražených, protože ani jedno z měřených paliv nebylo výrazně horší nebo výrazně lepší než ostatní.

Velký vliv na tom má to že, kvalita paliv v České republice stoupá a čerpací stanice jsou pod pravidelnou kontrolou. Další z faktorů, který pozitivně ovlivnil výsledky měření byl fakt, že měřený automobil byl moderní konstrukce, plně funkční a žádná z jeho částí nevykazovala závadu.

U automobilů často dochází k poruše lambda sondy ve výfuku, lidé tuto poruchu neřeší, protože oprava je drahá a na emisní prohlídce komisaři zvláště u starších vozů přivírají oči. Velkým problémem je také odstraňování katalyzátorů z automobilu ať z důvodu opotřebování stářím a následnému nahrazení průchozí trubkou na původní místo, protože nový katalyzátor nezřídka kdy přesahuje cenu samotného ojetého vozu. Někteří jedinci odstraňují katalyzátor schválně kvůli vyššímu výkonu a dá se říct, tím však vůz přestává splňovat normy státní technické kontroly.

Emise musíme snižovat, aby planeta Země zůstala i pro další generace. Mějme na paměti, že každé otočení klíčku zapalování způsobuje další emise a zvažme každou cestu automobilem, jestli není lepší jít pěšky nebo na kole.

## 7 Seznamy

### 7.1 Seznam tabulek

Tabulka 2-1 Škodlivost emisí [10].....	14
Tabulka 2-2 Závislost mezi obsahem TEO v izooktanu a oktanovým číslem nad 100.....	26
Tabulka 2-3 Oktanové číslo vybraných uhlovodíků.....	26
Tabulka 2-4 Vybrané všeobecné požadavky na automobilové benzíny podle ČSN EN 228 ...	29
Tabulka 2-5 Hlavní složky používané pro míchání automobilového benzínu v USA a Evropě v roce 1995 [% hm] .....	30
Tabulka 2-6 Příklad uhlovodíkového benzínu [ % obj.].....	30
Tabulka 2-7 Vybrané Vlastnosti propan-butanu požadované ČSN 65 6482 [9] .....	33
Tabulka 2-8 Vybrané vlastnosti LPG požadované ČSN EN 589 [9] .....	33
Tabulka 2-9 Výtěžnost surovin.....	35
Tabulka 2-10 Normy EHK [5].....	36
Tabulka 2-11 Normy EURO [5] .....	36
Tabulka 3-1 Tabulka údaje o vozidle Peugeot 207 .....	38
Tabulka 3-2 Emisní průkaz Peugeot 207 .....	38
Tabulka 3-3 Popis válcové zkušební MAHA .....	43
Tabulka 3-4 Rozsah měřených otáček .....	49
Tabulka 3-5 Rozsah měření BEA 250 .....	50
Tabulka 3-6 Rozsah měření BEA [4] .....	65
Tabulka 4-1 Hodnoty pro výpočet odporů.....	66
Tabulka 4-2 Síly dosazované válcové zkušební MAHA .....	66
Tabulka 4-3 Rychlostí, zařazeného rychlostního stupně a otáček motoru. ....	67
Tabulka 4-4 Hodnoty HC .....	68
Tabulka 4-5 Výsledné hodnoty HC .....	70
Tabulka 4-6 Hodnoty CO .....	71
Tabulka 4-7 Výsledné hodnoty CO .....	73
Tabulka 4-8 Hodnoty <b>CO2</b> .....	74
Tabulka 4-9 Výsledné hodnoty CO2 .....	76
Tabulka 4-10 Hodnoty O2 .....	77
Tabulka 4-11 .....	79
Tabulka 9-1 K Kompletní naměřených hodnot Verva 100.....	88
Tabulka 9-2 Kompletní naměřené hodnoty Natural 95 .....	89

Tabulka 9-3 Kompletní naměřené hodnot LPG .....	90
Tabulka 9-4 Kompletní naměřené hodnot E85 .....	91

## 7.2 Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Složení emisí [15] .....	15
Obrázek 2-2 Třícestný katalyzátor .....	19
Obrázek 2-3 Výroba ropy z paliva [5] .....	20
Obrázek 2-4 Výroba ropy z paliva [5] .....	21
Obrázek 3-1 Peugeot 207 .....	37
Obrázek 3-2 Rozměry vozidla .....	37
Obrázek 3-3 Schéma znázorněné zástavby LPG do auta .....	39
Obrázek 3-4 Řídící jednotka LPG .....	40
Obrázek 3-5 Vstřikování LPG .....	40
Obrázek 3-6 Válcová brzda .....	43
Obrázek 3-7 Modul rozhraní .....	44
Obrázek 3-8 Indukční kleště .....	44
Obrázek 3-9 Ventilátor .....	45
Obrázek 3-10 Pripojení svorek k baterii .....	46
Obrázek 3-11 Snímací modul .....	46
Obrázek 3-12 Struktura programu [4] .....	47
Obrázek 3-13 Štítek údajů .....	48
Obrázek 3-14 Měřicí stanice BEA 250 .....	48
Obrázek 3-15 Modul měřených veličin .....	49
Obrázek 3-16 Modul analyzátoru .....	49
Obrázek 3-17 Princip nedisperzivní infračervené spektroskopie .....	50
Obrázek 3-18 Principiální schéma NDIR .....	51
Obrázek 3-19 Výfuková sonda .....	52
Obrázek 3-20 Modul analyzátoru, zadní strana .....	52
Obrázek 3-21 Modul analyzátoru zadní strana .....	53
Obrázek 3-22 Výfuková sonda pro měření kouřivosti .....	55
Obrázek 3-23 Opacimetr .....	56
Obrázek 3-24 Záznam měření emisí .....	59

Obrázek 3-25 Vyčerpávání paliva z nádrže .....	60
Obrázek 3-26 Záznam dat měření .....	60
Obrázek 3-27 Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti [3] .....	63
Obrázek 4-1 Graf hodnot HC (VŠECHNA DATA) .....	68
Obrázek 4-2 Graf hodnot HC (PRŮMĚR) .....	69
Obrázek 4-3 Graf hodnot HC (MEDIAN) .....	69
Obrázek 4-4 Graf hodnot CO (VŠECHNA DATA) .....	71
Obrázek 4-5 Graf hodnot CO (PRŮMĚR) .....	72
Obrázek 4-6 Graf hodnot CO (MEDIAN) .....	72
Obrázek 4-7 Graf hodnot CO <sub>2</sub> ( VŠECHNA DATA) .....	74
Obrázek 4-8 Graf hodnot CO <sub>2</sub> (MEDIAN) .....	75
Obrázek 4-9 Graf hodnot CO <sub>2</sub> (PRŮMĚR) .....	75
Obrázek 4-10 Graf hodnot O <sub>2</sub> (VŠECHNA MĚŘENÍ) .....	77
Obrázek 4-11 Graf hodnot O <sub>2</sub> (PRŮMĚR) .....	78
Obrázek 4-12 Graf hodnot O <sub>2</sub> (MEDIÁN) .....	78
Obrázek 5-1 Graf znázorňující nejistoty nespálených uhlovodíků .....	82

### 7.3 Seznam příloh

Příloha A : Kompletní tabulky naměřených hodnot

Příloha B : Výpočtový soubor excel „ Diplomová práce výpočty“ se všemi výpočty na CD

Příloha C : Fotodokumentace uložená na CD

## 8 Zdroje informací

- [1] [Matějka, R. 1990] Matějka, R. Vozidla silniční dopravy I, Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7
- [2] [Matějka, R. 1990] Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II, Bratislava, 1990, ISBN 80-7100-074-4
- [3] [Vlk, F. 2001 ] Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno 2001
- [4] [MAHA Consultings.r.o 1996] Návod k obsluze, Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000,,
- [5] [Roubíček V., Rábl V 2000] Roubíček V., Rábl V Technologie ropy- alternativní paliva, Ostrava 2003, ISBN 80-7078-690-6
- [6] [Vejvoda J. Macháč P. Buryan P., 2003], Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních vod, Praha 2003, ISBN 80-7080-517-X
- [7] [Vlk, F. 2005] Vlk, F Lexikon moderní automobilové techniky, Brno 2005, ISBN 80-239-5416-4
- [8] [Ferenca, B. 2009] Ferenca, B. Spalovací motory 2009
- [9] [Blažek, j. Rábl, V. 2006] Blažek, J. Rábl V. Základy zpracování a využití ropy, 2006 ISBN 80-7080-619-2
- [10] [Obroučka, K.. 2003] Obroučka, K... Ochrana ovzduší 1, Ostrava 2003, ISBN 80-86764-00-5
- [11] [Herčík, M. 2004 ] Herčík, M. Ochrana životního prostředí a legislativa, Ostrava 2004, ISBN 80-86764-05-2
- [12] [Kolek, R. 2010] Kolek, R. Ověření dynamických a statických charakteristik automobilu Ostrava 2010.:
- [13] [Szlosek, M. 2011] Szlosek, M. Ověření rychlostních charakteristik vybraných osobních automobilů Ostrava 2011.:
- [14] [Bosch GMBH] Návod k obsluze BEA 250, RM430
- [15] [TUO Lliberec 2004 ] Produkce emisních složek výfukových plynů zážehových a vznětových motorů
- [16] (HTTP://JONATAN.SPSE.PILSEDU.CZ/~MAZANEC/PRINCIPY\_ANALYZATORU\_PLYNU.HTM)
- [17] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Benzín>
- [18] [Blažek J 2006] Blažek . Základy zpracování a využití ropy 2006 ISBN 80-7080-619-2

## 9 Přílohy

### Příloha A : Kompletní tabulky naměřených hodnot

Měřené palivo	Verva 100	Teplota 25,7°C				
Měření	Otáčky motoru	CO	HC	Lambda	CO2	O2
	[1/min]	[% obj]	[ppmol]		[% obj]	[% obj]
1.1	740	0,000	16	1,002	14,92	0,04
1.2	710	0,000	16	1,002	14,94	0,04
1.3	780	0,010	14	1,003	14,95	-0,01
2.1	1450	0,000	18	0,997	14,94	-0,02
2.2	1430	0,000	10	1,000	14,97	0,01
2.3	1410	0,000	10	1,004	14,76	0,06
3.1	1430	0,000	11	0,999	14,95	-0,01
3.2	1440	0,000	10	0,998	14,89	-0,02
3.3	1470	0,000	10	1,000	14,87	0,01
4.1	1470	0,000	9	0,998	14,79	-0,02
4.2	1480	0,001	8	0,998	14,87	-0,02
4.3	1450	0,000	9	0,998	15,00	-0,02
5.1	1890	0,000	8	0,999	14,83	-0,01
5.2	1910	0,014	7	0,998	14,87	-0,02
5.3	1890	0,011	8	0,999	14,87	-0,01
6.1	2040	0,005	8	0,998	14,94	-0,02
6.2	2060	0,013	9	0,998	14,93	-0,02
6.3	2040	0,006	10	0,998	14,98	-0,02
7.1	2740	0,001	10	0,999	14,97	-0,01
7.2	2700	0,011	16	0,997	14,02	-0,02
7.3	2710	0,000	8	1,006	14,84	0,1
8.1	4200	0,003	7	0,999	15,11	-0,01
8.2	4280	0,013	7	0,999	15,11	-0,01
8.3	4270	0,007	6	0,999	15,05	-0,01

**Tabulka 9-1 K Kompletní naměřených hodnot Verva 100**



Měřené palivo	Natural 95	Teplota 27,4°C				
Měření	Otáčky motoru	CO	HC	Lambda	CO2	O2
	[1/min]	[% obj]	[ppmol]		[% obj]	[% obj]
1.1	770	0,000	6	1,029	14,59	0,43
1.2	780	0,000	6	1,000	14,82	0,00
1.3	770	0,000	5	1,001	14,75	0,20
2.1	1400	0,006	7	1,003	14,69	0,05
2.2	1430	0,000	5	0,998	14,85	-0,02
2.3	1430	0,000	5	0,998	14,82	-0,02
3.1	1460	0,000	7	0,999	14,86	-0,01
3.2	1440	0,024	5	0,998	14,81	-0,02
3.3	1430	0,000	5	1,000	14,8	0,00
4.1	1480	0,001	5	0,998	14,84	-0,02
4.2	1480	0,000	4	0,998	14,85	-0,02
4.3	1500	0,000	5	0,999	14,77	-0,01
5.1	1880	0,000	5	0,998	14,78	-0,02
5.2	1910	0,002	5	0,998	14,81	-0,02
5.3	1890	0,002	5	0,998	14,86	-0,02
6.1	2080	0,000	7	0,998	14,79	-0,02
6.2	2120	0,110	6	0,998	14,72	-0,02
6.3	2120	0,004	5	0,998	14,78	-0,02
7.1	2820	0,007	6	0,998	14,77	-0,03
7.2	2810	0,000	5	0,997	14,59	0,12
7.3	2790	0,000	5	1,008	14,6	0,02
8.1	4340	0,016	6	0,997	14,61	-0,03
8.2	4250	0,001	6	0,998	14,63	-0,02
8.3	4260	0,012	6	0,998	14,55	-0,02

**Tabulka 9-2 Kompletní naměřené hodnoty Natural 95**

Měřené palivo	LPG	Teplota 25,2°C				
Měření	Otáčky motoru	CO	HC	Lambda	CO2	O2
	[1/min]	[% obj]	[ppmol]		[% obj]	[% obj]
1.1	770	0,000	90	1,009	13,49	0,2
1.2	780	0,000	75	1,009	13,39	0,18
1.3	800	0,000	58	1,009	13,45	0,14
2.1	1410	0,000	13	1,000	13,49	0,01
2.2	1400	0,001	14	1,000	13,41	0,01
2.3	1410	0,000	12	0,997	13,46	-0,03
3.1	1440	0,000	24	1,002	13,31	0,05
3.2	1440	0,000	25	1,002	13,35	0,05
3.3	1450	0,000	20	1,002	13,33	0,04
4.1	1480	0,000	19	1,002	13,32	0,4
4.2	1490	0,000	12	0,999	13,38	-0,01
4.3	1490	0,000	16	1,002	13,36	0,04
5.1	1860	0,000	10	0,998	13,38	-0,02
5.2	1920	0,000	9	0,997	13,40	-0,03
5.3	1920	0,003	10	0,998	13,40	-0,02
6.1	2090	0,001	11	0,997	13,35	-0,03
6.2	2080	0,011	9	0,998	13,25	-0,02
6.3	2060	0,002	8	0,997	13,27	-0,03
7.1	2730	0,000	11	0,997	13,27	-0,03
7.2	2710	0,000	10	0,997	13,24	-0,03
7.3	2730	0,007	10	1,000	13,12	0,01
8.1	4090	0,004	13	0,997	13,21	-0,02
8.2	4280	0,000	11	0,998	13,21	-0,02
8.3	4270	0,003	12	0,998	13,15	-0,01

**Tabulka 9-3 Kompletní naměřené hodnot LPG**

Měřené palivo	E85	Teplota 27,2°C				
Měření	Otáčky motoru	CO	HC	Lambda	CO2	O2
	1/min]	[% obj]	[ppmol]		[% obj]	[% obj]
1.1	770	0,001	10	0,999	14,96	0
1.2	730	0,000	10	0,999	14,96	0
1.3	820	0,046	31	1,039	14,11	0,6
2.1	1380	0,000	6	0,999	15,01	-0,01
2.2	1420	0,000	6	0,999	14,92	-0,01
2.3	1410	0,000	6	1,004	14,64	0,06
3.1	1260	0,000	6	0,998	14,91	-0,02
3.2	1450	0,004	6	0,999	14,83	-0,01
3.3	1480	0,001	7	1,000	14,79	0,01
4.1	1480	0,000	7	0,999	14,80	-0,01
4.2	1490	0,000	7	0,999	14,81	-0,01
4.3	1480	0,000	7	0,998	14,83	-0,02
5.1	1860	0,011	8	0,998	14,74	-0,02
5.2	1840	0,000	7	1,000	14,74	0,01
5.3	1910	0,008	7	0,998	14,77	-0,02
6.1	2060	0,000	8	1,000	14,76	0,01
6.2	2100	0,000	7	1,001	14,71	0,02
6.3	2000	0,000	7	0,998	14,72	-0,02
7.1	2790	0,000	9	1,002	14,49	0,04
7.2	2770	0,000	8	1,101	12,28	1,25
7.3	2730	0,000	7	1,000	14,64	0
8.1	4200	0,000	7	1,000	14,62	0
8.2	4230	0,000	7	1,177	13,80	2,45
8.3	4210	0,000	8	1,000	14,63	0

**Tabulka 9-4 Kompletní naměřené hodnot E85**